

Los precursores: de la cometa al aeroplano

Por
Juan Miguel Suay Belenguer
Ingeniero Superior Industrial
Diplomado en Estudios Avanzados en Historia de la Ciencia
jm_suay@inves.es

Valencia, 13 de octubre de 2003

© 2003. **Juan Miguel Suay Belenguer.**
C/ El de Pagan, 44, bungalow 37.
San Juan de Alicante (Alicante)
España – Spain.

Los precursores: de la cometa al aeroplano

Juan Miguel Suay Belenguer
Ingeniero Superior Industrial
Diplomado en Estudios Avanzados en Historia de la Ciencia
jm_suay@inves.es

1. – Introducción. Definición de cometa.

La Cometa es la gran olvidada de los libros que tratan de la historia de la aviación, en estos tratados se suele empezar hablando de la mitología del vuelo y de los globos, pero se olvidan que la cometa fue el *aerodino*¹ que primero voló el hombre, y por tanto ha estado estrechamente ligada al desarrollo del aeroplano junto con los planeadores. Los experimentos llevados a cabo con cometas por Sir George Carley, Otto Lilienthal, Lawrence Hargrave o Octave Chanute, entre otros, ayudaron a la consecución del vuelo autopropulsado y controlado de los hermanos Wright en el que este año celebramos el centenario.

Este olvido esta presente en la definición que encontramos en los diccionarios, así en el *Diccionario de Autoridades* publicado por la *Real Academia Española* a finales del siglo XVIII, encontramos por primera vez la siguiente definición²:

COMETA. Llaman tambien à una figura que imita la del cometa, hecha de papel engrudado con sus alambres, y un cordel de muchas brazas de largo: la qual quando hai viento, dándolo cuerda, se remonta de manéra, que parece ave que vuela: y de noche la suelen poner unos farolillos con luz, con que burlan à ignorantes y muchachos, creyendo que es otra cosa. Lat. *Rhombus papyraceus, quen filo innixum, animi causa, pueri venti ludibrio committunt.*

El Diccionario de la Real Academia Española en su última edición³ define la palabra COMETA como:

1. m. Astron. Astro generalmente formado por un núcleo poco denso y una atmósfera luminosa que le precede, le envuelve o le sigue, según su posición respecto del Sol, y que describe una órbita muy excéntrica.
2. f. Armazón plana y muy ligera, por lo común de cañas, sobre la cual se extiende y pega papel o tela; en la parte inferior se le pone una especie de cola formada con cintas o trozos de papel, y, sujeta hacia el medio a un hilo o bramante muy largo, se arroja al aire, que la va elevando, y sirve de diversión a los muchachos.

Como podemos comprobar esta definición con más de doscientos cincuenta años, no refleja lo que es y ha sido la cometa: una máquina voladora que además de un objeto lúdico se convirtió

¹ Máquina voladora más pesada que el aire.

² REAL ACADEMIA ESPAÑOLA (1729), Diccionario de la lengua castellana, en que se explica el verdadero sentido de las voces, su naturaleza y calidad, con las frases o modos de hablar, los proverbios o refranes, y otras cosas convenientes al uso de la lengua [...]. Tomo segundo. Que contiene la letra C, Madrid, Imprenta de Francisco del Hierro.

³ La edición del año 2000.

en un instrumento científico en meteorología, banco de pruebas en los estudios aerodinámicos o de observación militar, entre otros usos.

Así lo primero que tenemos que reconocer es que la cometa es una máquina voladora o aeronave definida por la OACI como:

Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

Clasificándolas en:

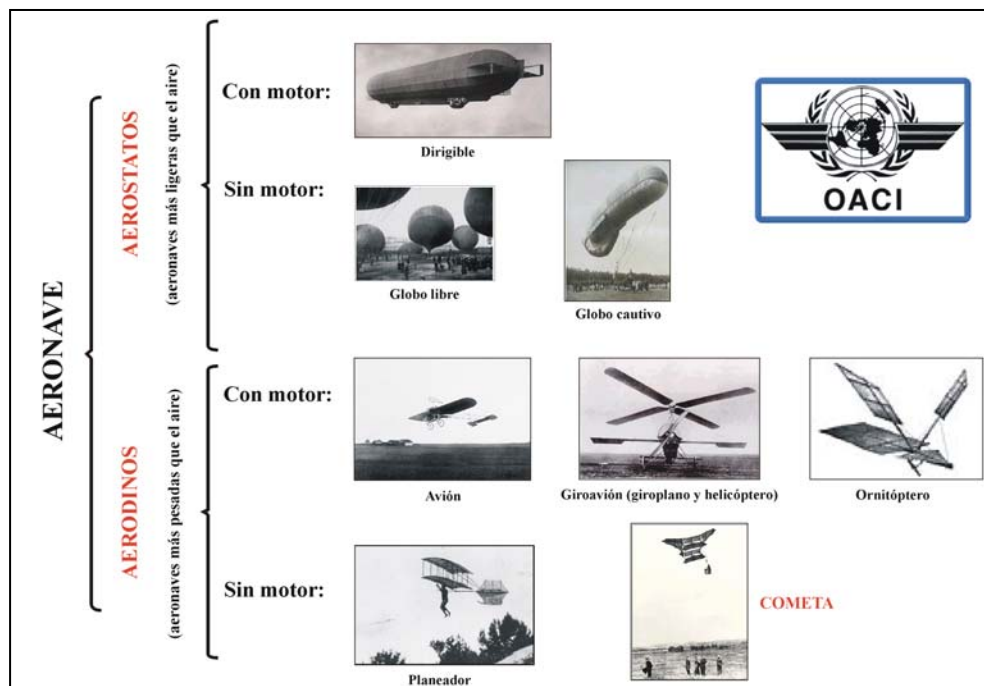


Fig. 1

Por lo tanto una COMETA es:

Una máquina voladora (aeronave) formada por una estructura plana o tridimensional construida de un material muy ligero y recubierta de una vela. El conjunto se amarra a uno o a varios hilos, al ser soltada, se mantiene en el aire por la acción del viento.

Una vez definido nuestro objeto de estudio analizaremos donde encaja en la consecución del aeroplano.

Pero antes me gustaría comentar una cuestión metodológica. Es habitual pensar que la historia de la tecnología es algo lineal, toda una sucesión recta de descubrimientos que van desde el hacha de sílex al ordenador personal, concepción anacrónica de la historia fácil de caer. Los artefactos ideados por el hombre surgen y se desarrollan, según algunos estudios⁴, de manera análoga a la evolución por selección natural que sufren los seres vivos. El proceso de aparición y selección de nuevos artefactos hace que algunos de ellos se queden en meras especulaciones y otros lleguen a ser objetos de gran utilidad socioeconómica, dándose la paradoja que a veces la mejor solución técnica se quede por el camino, ya que los factores

⁴ BASALLA, G. (1991) *La evolución de la tecnología*, Barcelona, Editorial Crítica.

científico–tecnológicos, económicos y culturales son muy determinantes en el desarrollo de un objeto. Además, la continuidad, entendida como la aparición de nuevos objetos tecnológicos provenientes de la evolución de artefactos creados anteriormente, va en contra de la creencia de que las cosas surgen, por generación espontánea, de personas (los inventores) con mentes brillantes, dotadas de una gran capacidad de esfuerzo, una gran imaginación y fantasía extraordinaria, apoyándose en una teoría novedosa en la que la ciencia “oficial” no cree. Como conclusión he de decir que esta metodología de estudio de la evolución de la tecnología es poco habitual encontrarla cuando se estudia la historia de la aeronáutica.

Por lo tanto, mi objetivo en esta charla no es otro que mostrar de una manera esquemática donde aparece la cometa en el *árbol de la evolución* del aeroplano, árbol provisto de múltiples ramas que representan el esfuerzo y la contribución, con sus éxitos o fracasos, de un gran número de personas, algunas de las cuales vieron en la cometa como un objeto tecnológico más la que apoyarse para concebir una máquina voladora útil.

2. - Origen de la cometa. Su transformación en occidente hasta el siglo XVIII.

La cometa tiene su origen legendario en China, en donde tenía el valor de objeto con claros matices místicos, religiosos y rituales⁵. En su difusión a través de las distintas civilizaciones sufrió un proceso de adaptación y transformación de su uso. Así por ejemplo, en Japón se transformó en un juego de competición entre distintos grupos sociales y en Oceanía como un utensilio para pescar. La cometa llegó a Europa, por medio de las rutas comerciales, como un objeto curioso lleno de misterio y de leyenda, apareciendo en libros de magia natural o alquimia, así como en algunos tratados sobre máquinas de guerra,⁶ entre los siglos XV y XVII.

Pero a lo largo del siglo XVIII, la cometa sufre una transformación en su representación. Empieza a aparecer en distintos tratados de física y matemáticas, con un fin claramente didáctico, como explicar la resistencia de los fluidos, el equilibrio de las fuerzas mecánicas que aparecen en este objeto volador o su uso como instrumento de estudio de la electricidad atmosférica. En 1752, Benjamín Franklin en Philadelphia y Jacques Romas en Francia emplean una cometa para demostrar la naturaleza eléctrica del rayo, transformándola en un instrumento para la física. La fama de este experimento hizo que en 1758 la mecánica de su vuelo fuera estudiada por J. Albert Euler en su trabajo *Des cerf-volant*⁷. La cometa aquí es un instrumento didáctico con el que se pretende demostrar la veracidad de la ley de resistencia de los cuerpos inmersos en los fluidos, este trabajo fue criticado y comentado en 1771 en la obra del marino y científico español Jorge Juan y Santacilia *Examen Marítimo*, en el apéndice primero a su primer volumen: *Sobre la teoría de los cometas que vuelan los niños para verificar la ley con que resisten los fluidos*⁸

⁵ Sobre la cometa en China es interesante ver: NEEDHAM, J. (1965) *Science and Civilisation in China, Vol. 4, Pt. 2*, Cambridge, pp. 568 – 602.

⁶ Según: HART, C. (1982), *Kites: an historical survey*. Mount Vernon, New York, Paul P. Appel, Publisher pp. 61 – 93, las primitivas cometas fueron los *Dracos*, estandartes empleados en los ejércitos medievales. Pero la primera representación de una cometa, tal como la concebimos hoy en día en Europa, se encuentra en la obra de Walter Milemete *De nobilitatibus* escrita en 1326. Otra representación posterior en el tratado de máquinas de guerra: KYESER, R. (1410). *Bellifortis*. Göttingen codex 63 ff 104v - 105r.

⁷ EULER, J. A. (1758). *Des cerfs - volans*, *Histoire de l'Académie Royale des Sciences et Belles Letters, année MDCCLVI*, Berlin, pp 322-64 y fig I y II, siguientes p. 386. Este trabajo está escrito por el hijo del famoso matemático Leonhard Euler.

⁸ JUAN Y SANTACILIA, J. (1771) *Examen Marítimo o tratado de Mecánica* Tomo I. Madrid, 399 - 424.

La cometa ha pasado de ser un juego lúdico a ser un instrumento de interés para la ciencia y sobre todo para la tecnología, cosa que estará presente a lo largo del siglo XIX y principios del XX.

3. - La cometa se convierte en aeroplano.

En 1809 en un artículo publicado⁹ por inglés Sir George Cayley, llega a la conclusión que el problema de volar:

Se reduce a hacer que una superficie, soporte un peso dado mediante la aplicación de fuerza a la resistencia del aire¹⁰

Este principio mecánico aparece por primera vez en 1799 grabado por Cayley en un disco de plata. Ésta original manera de expresar sus ideas se repite en la otra cara del mismo, donde se encuentra dibujada una máquina voladora, en donde sus elementos de sustentación y empuje, se encuentran simbolizados en un plano rígido y dos remos. Esta separación es una nueva concepción de lo que debe ser un aeroplano, ya que hasta entonces, a imitación de los pájaros, se creía que el vuelo se lograría con un sistema de alas batientes (ornitóptero), que generan la sustentación y el empuje en un mismo elemento.

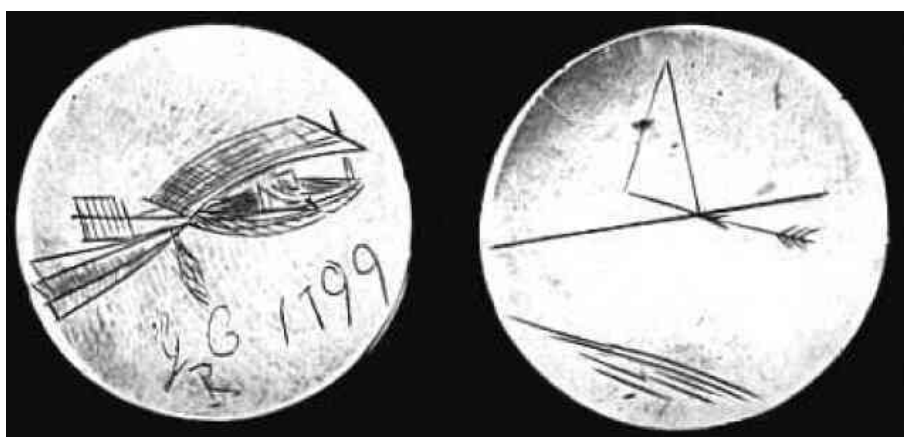


Fig. 2

En 1804, construye un modelo de planeador en el que el ala tiene una forma cometa plana, provista de una cola rígida maniobrable. En los años sucesivos modifica y perfecciona sus planeadores, a la vez que estudia nuevos métodos de propulsión mediante alas batientes o alas rotativas.

En cuanto a los planos sustentadores, Cayley analiza por medio de una balanza de brazos rotatoria la sustentación y resistencia generada en planos expuestos a una corriente de aire bajo un ángulo de incidencia. Estudiar mediante ensayos la resistencia de los cuerpos inmersos en un fluido fue una alternativa tecnológica, al pobre modelo teórico de la época,

⁹ CAYLEY, G. (1809) On Aerial Navigation. Part I. *A Journal of Natural Philosophy, Chemistry, and the Arts*, vol. 24, pp. 167 – 174, CAYLEY, G. (1810) On Aerial Navigation. Part II. *A Journal of Natural Philosophy, Chemistry, and the Arts*, vol. 25, pp. 81 – 87 y CAYLEY, G. (1809) On Aerial Navigation. Part III. *A Journal of Natural Philosophy, Chemistry, and the Arts*, vol. 24, p. 161 - 169.

¹⁰ En palabras actuales, hay que generar en una superficie (ala) una sustentación que equilibre el peso y un empuje que venza la resistencia del aire (propulsión).

que establecía que la resistencia de los objetos inmersos en un fluido era proporcional a la dimensión lineal del cuerpo, a la densidad del fluido, al cuadrado de la velocidad y el cuadrado del seno del ángulo de incidencia. Los datos pronosticados por esta teoría estaban muy alejados a los obtenidos experimentalmente, pero como la teoría era coherente con los planteamientos de la ciencia mecánica de la época, a falta de un modelo alternativo la aerodinámica no tuvo una fuerte base teórica, acorde con la experiencia, hasta la segunda década del siglo XX,¹¹ cuando hacía años que el hombre volaba.

En el año 1852 publica en la revista *Mechanics' Magazine*¹² la descripción de su *Governable Parachutes* donde una vez más el ala tiene forma de cometa.

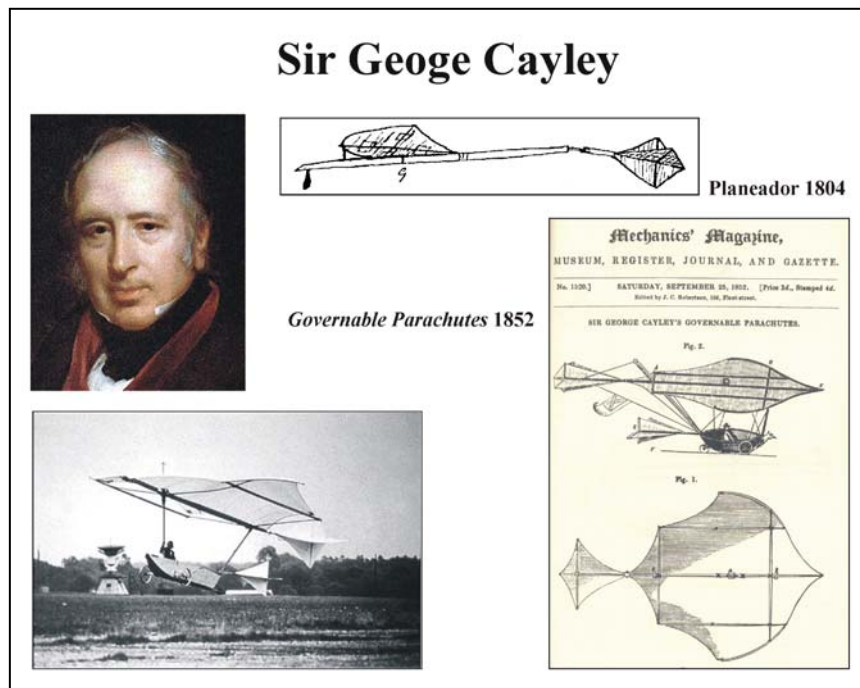


Fig. 3

Tras estas experiencias aparecen, a lo largo del siglo XIX, múltiples propuestas de diseños de máquinas voladoras¹³, más o menos viables, cuya característica común era emplear como elemento sustentador una forma de cometa, una vela o unas alas con forma de murciélago. A esta estructura era necesario añadir algún tipo de propulsión, con la dificultad que representaba para la tecnología de la época encontrar un motor capaz de generar la potencia necesaria para vencer la gran resistencia del aire y alcanzar una velocidad mínima que generara la sustentación necesaria para equilibrar el peso. El empleo de motores de goma, de aire comprimido y pesadas máquinas de vapor como la usada por el francés Clément Ader y

¹¹ El modelo de Lanchester - Prandtl es muy complicado pero eficaz para predecir la sustentación y la resistencia de los perfiles alares. Esta es la razón por la que es tan difícil explicar de una manera rigurosa ¿por qué vuela un aeroplano? Ver: KARMAN, T (1954) *Aerodinámica. Temas seleccionados a la luz de su desarrollo histórico*. Madrid, INTAET, pp. 63 – 105.

¹² Existe una transcripción del mismo en: GIBBS-SMITH, C.H. (1962). *Sir George Cayley's Aeronautics 1796 - 1855*. Londres, H.M. Stationery Off, pp. 149 – 157.

¹³ Algunas construidas a escala real o como simples aeromodelos. Ver: GIBBS-SMITH, C.H. (1960). *The Aeroplane: an Historical Survey*, Londres, H.M. Stationery Off. pp. 9 – 35.

el americano Hiram Maxim entre otros, fueron poco satisfactorias. A todo esto había que añadir el control y estabilidad del aparato una vez en vuelo.

Por lo tanto, en este orden de cosas, el problema del vuelo de un aparato más pesado que el aire se resumía en solucionar:

1. Que forma de ala que genera una gran sustentación para bajas velocidades.
2. Que elementos son necesarios para que la aeronave sea estable y controlable.
3. Cual es el sistema de propulsión potente y ligero que de la adecuada velocidad a la máquina voladora con el fin de vencer la resistencia del aire y generar sustentación.

Veremos que la cometa fue un elemento experimental para estudiar los puntos primero y segundo.

4. - Una forma para un ala. La cometa celular de Lawrence Hargrave.

Lawrence Hargrave nació en Inglaterra en 1850, pero de joven emigró a Nueva Gales del Sur (Australia), donde su padre fue destinado como juez. Allí entra a trabajar en la *Australian Steam and Navigation Company* durante cinco años, lo que le supuso una formación en ingeniería. En 1872, el joven Hargrave se enrola en una expedición por Nueva Guinea, con el naturalista italiano Luigi d'Albertis. Tras regresar de la expedición, en el año 1877, se casa, y se establece en Sydney, ocupando un puesto de ayudante en el *Observatorio Astronómico* de la ciudad.

En 1880, empieza a interesarse por la aerodinámica del vuelo de artefactos más pesados que el aire. Sus primeros trabajos se centran en el estudio de modelos de primitivas máquinas voladoras propulsadas por motores de gomas o aire comprimido, algunas de ellas con sistemas de "alas batientes". Pero no será hasta 1893, cuando sus esfuerzos se encaminan hacia las cometas, con el fin de encontrar una estructura sustentadora más eficaz. Sus primeros modelos de cometas fueron de alas planas en ángulo diedro e incluso algunas las construyó con plumas de ave, por si las mismas, contribuían a dar energía al vuelo. Finalmente, Partiendo del principio aerodinámico enunciado por Wenham¹⁴ en 1866, que dice: *si tenemos dos o más superficies una encima de otra, se logra una mayor sustentación, que con una sola más larga*, descubre que la cometa de dos celdas rectangulares (*Cellular Kite*) es la más adecuada en cuanto a su estabilidad y gran sustentación.

Hargrave dedico varios trabajos al estudio de los perfiles alares. Era conocida la propiedad de que una superficie curvada en una corriente de aire, experimenta una mayor sustentación, que una superficie plana, esta propiedad intuida por Cayley, había sido con posterioridad estudiada por H. F. Phillips en un primitivo túnel de viento entre los años 1884 y 1891.

Por lo tanto, si a los planos de una cometa celular, se le da la adecuada curvatura, se incrementa considerablemente su eficacia. Hargrave construye varios modelos celulares con la correspondiente curvatura en sus alas, consiguiendo una mayor elevación. En el año 1897, en un artículo titulado *Soaring Machines*,¹⁵ describe sus experimentos con modelos en los

¹⁴ F. H. Wenham enunció este principio en la ponencia *On Aerial Locomotion* leída en la reunión de la *Aeronautical Society* en 1866.

¹⁵ HARGRAVE, L. (1898) *Soaring Machines. The Royal Society Of New South Wales.*

que intenta descubrir, qué formas de ala son las mas apropiadas para conseguir una gran fuerza de elevación, probando modelos fabricados de aluminio y latón, Hargrave estaba convencido de que era el vórtice que se creaba debajo de un ala, profundamente combada, el responsable de la sustentación que experimentaba el ala.

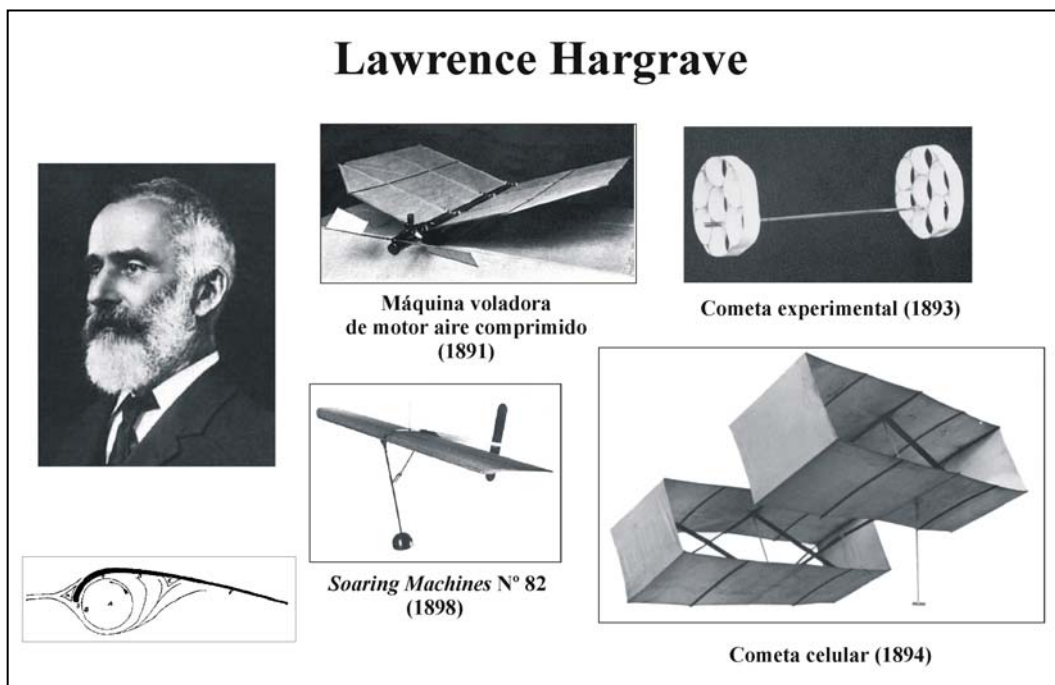


Fig. 4

Hargrave continuó, hasta el final de sus días en 1915, realizando estudios y descubrimientos relacionados con la aeronáutica¹⁶, no llegando nunca a patentar ninguna de sus cometas y hallazgos, ya que prefirió que fueran de dominio público para todo aquel que quisiera utilizarlos. Esto hizo que la cometa celular de Hargrave tuviera una gran influencia en la forma de las alas de los aeroplanos y planeadores, por su gran estabilidad y sustentación. Tanto que los avances posteriores fueron modificaciones de esta estructura.

5. - El control del aeroplano. De Lilienthal a los Wright.

La cometa de celular era una prometedora forma para las alas, pero para ser usada en un aeroplano, es decir, sin un hilo que la sujetaba a tierra había que hacerla estable y controlable. Los estudios con planeadores dieron la solución.

En la década de los setenta del siglo XIX, el ingeniero alemán Otto Lilienthal junto con su hermano Gustavo, inicia sus experiencias con planeadores, desde una colina artificial en *Gross Lichterfelde*, cerca de Berlín. Desde esta colina, realiza planeos con sus máquinas probando los distintos modelos. Estas experiencias son consecuencia de sus estudios teóricos

¹⁶ Las fuentes primarias de los trabajos de Hargrave se encuentran publicadas en la revista de la *Royal Society of New South Wales*, entre los años 1884 y 1909. Además de dos artículos publicados en la revista *Engineering*: HARGRAVE, L, (1893) Cellular Kites, *Engineering Vol 56, Oct 27*, pp. 523-24 y HARGRAVE, L, 1895, Experiments on Kites *Engineering Vol 59, Feb 15*, p. 221. Como fuentes secundarias son interesantes: CRADDOCK, D. (1994) A., *Construction Drawings for a selection of kites designed by Lawrence Hargrave*, y *A Revenshourne to Airborn*. Así como: ROUGHLEY, T.C. (1937). *The Aeronautical Work of Lawrence Hargrave*. Sydney, David Harold Paisley, Government Printer. SHAW, W. H. (1977) *Lawrence Hargrave: Explorer, Inventor and Aviation Experimenter*, Stanmore, Cassell Australia.

sobre aeronáutica del vuelo de los pájaros, en los que analiza su forma de las alas y propone estructuras más eficaces de las mismas para conseguir un planeo óptimo. Sus teorías son publicadas en 1889 en su obra *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst*¹⁷ (El vuelo de los pájaros como básico en el arte de volar), en esta obra concluye la necesidad de emplear superficies curvadas en los planos sustentadores, conclusión que llega mediante mediciones de la sustentación y de la resistencia de estas superficies por medio de un balanza giratoria, similar a la empleada por Cayley. También realiza pruebas con cometas, según relata en su obra, en el mes de septiembre de 1874 construye una cometa cuya forma de las alas, cuidadosamente curvadas, recuerdan a las aves marinas que emplean el planeo como técnica de vuelo. Controlando la cometa con dos hilos obliga a la misma a mantenerse paralela a la dirección del viento y tras soltar en amarre comprueba que realiza un planeo durante más de 50 metros, antes de engancharse en unos árboles:

De este ensayo regresamos a casa con la convicción de que el vuelo planeado no era exclusivo de las aves, sino que al menos, existe la posibilidad de que el hombre pueda conseguir, por medios artificiales, esta suerte de vuelo, que solo requiere, guiar hábilmente, pero de ningún modo, mover fuertemente las alas.¹⁸

Los planeadores contruidos por Lilienthal tenían un control del vuelo todavía muy rudimentario, ya que se realiza por desplazamiento del centro de gravedad moviéndose el piloto. Esto hacía que poseyeran una gran inestabilidad por lo que en 1896 muere Lilienthal víctima de un fatal accidente.

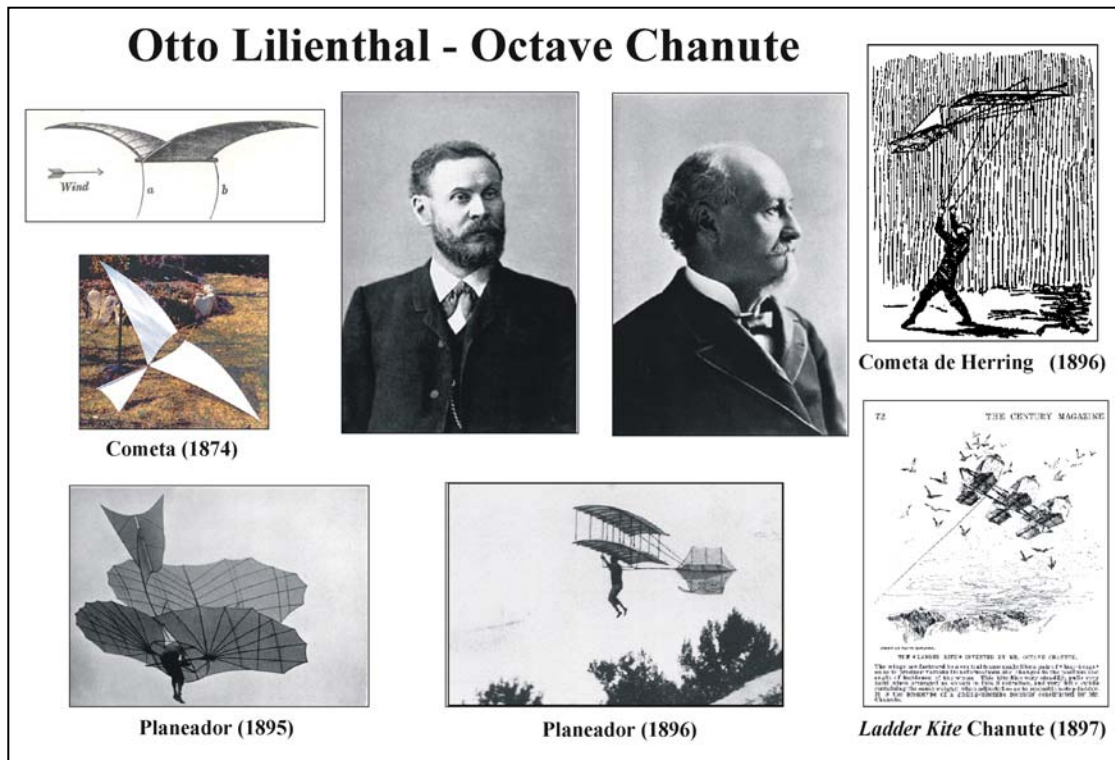


Fig. 5

Octave Chanute, un ingeniero francés nacionalizado americano publica en 1894 el libro

¹⁷ LILIENTHAL, O. (1889) *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst*, Berlin.

¹⁸ LILIENTHAL, O. (1889) *Der Vogelflug...* Op. Cit. p. 94

Progress in flying Machines,¹⁹ divulgando y recopilando las aportaciones teóricas y prácticas producidas hasta el momento, la labor de divulgación en estos tiempos es muy importante teniendo en cuenta que todas estos trabajos se hacen al margen de instituciones académicas, por ello no existe un canal fluido de comunicación. Otro importante papel lo realizan las de las *Asociaciones Aeronáuticas* fundadas en América, Inglaterra y Francia, que con la publicación de sus boletines ayudan a la comunicación y difusión de los trabajos aeronauticos.

Chanute también realizó su aportación prosiguiendo con los estudios de Lilienthal, diseñando varios modelos de planeadores. Para realizar las pruebas se desplaza a las dunas de *Miller Beach*, (Indiana), y dada su avanzada edad, los ensayos son llevados a cabo por los jóvenes Augustus M. Herring, William Avery y William Paul Butusov. Chanute y sus colaboradores emplean cometas para estudiar la forma óptima de las alas y tras estos ensayos diseña un modelo de planeador biplano, con un perfil curvado, provisto de una cola cruciforme que le da al planeador un vuelo estable.

En este estado de cosas, aparecen los hermanos Wilbur y Orville Wright, que como fabricantes de bicicletas comprenden lo importante que es el equilibrio y control en una máquina voladora. Tras estudiar la obra de Lilienthal y Chanute, con el que mantienen una fluida correspondencia, idean un sistema de control para un planeador. En agosto de 1899, lo ponen a prueba por medio de una cometa biplano. Básicamente es una cometa celular de Hargrave de planos curvados, en el que omiten los planos verticales que cierran las celdas, que tenían función de estabilizadora, para que la cometa vuele estable es necesario controlarla por medio de cuatro hilos. El tira y afloja de los hilos provoca una torsión en las alas, produciendo un efecto alerón en ellas, que ayuda a restablecerse el equilibrio de un modo dinámico. Los hermanos Wright, probaron los sucesivos planeadores, haciéndolos volar como una cometa, para probar su control antes de tripularlos, durante los años 1900, 1901 y 1902.

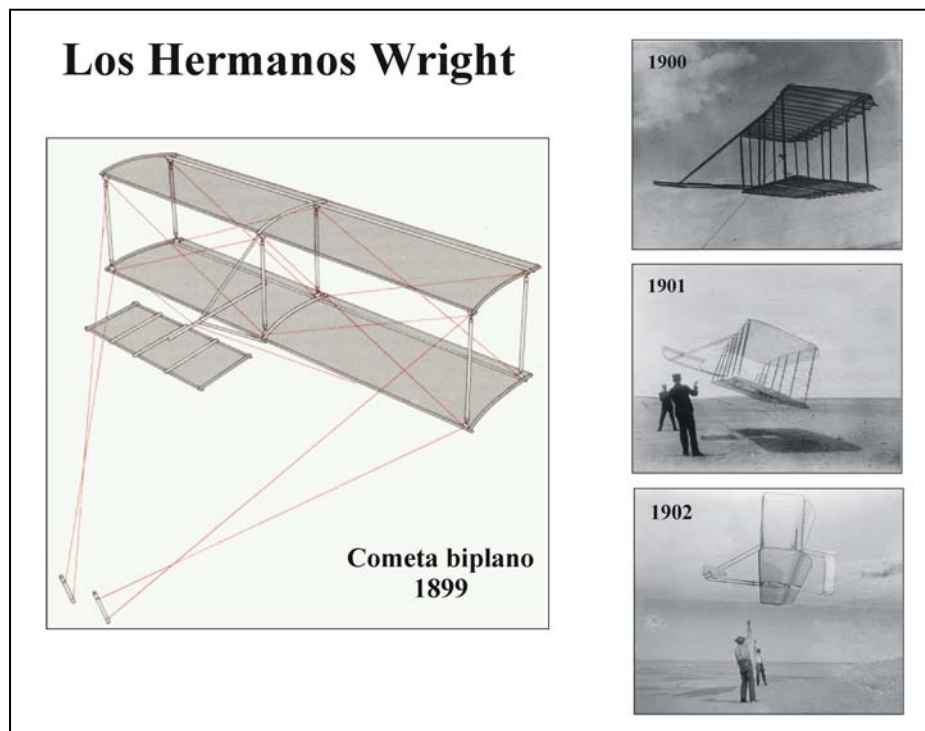


Fig. 6

¹⁹ CHANUTE, O. (1997) *Progress in flying Machines. Republication of the work first published in 1894*. Nueva York, Dover Publications.

La falta sustentación en el planeador de 1901, les hace llegar a la conclusión que el perfil empleado en las alas, basado en las mediciones de Lilienthal, no da los resultados previstos, luego deciden realizar mediciones en su taller de bicicletas de Dayton (Ohio) por medio de un túnel de viento, obteniendo un nuevo perfil de ala más eficaz, que prueban con éxito a finales de 1902 en presencia del mismo Chanute. Este planeador controlado en los tres ejes: cabeceo (timón de profundidad delantero), alabeo (torsión de las alas) y la guiñada por medio de un timón móvil trasero añadido para una mayor maniobrabilidad. Este mismo año Chanute le sugiere que dada las prestaciones del planeador sería interesante añadir un motor, el cual debe ser ligero y potente provisto de unas alas rotatorias (hélices), tras un año de trabajo en este sistema de propulsión construyen el *Flyer I*, el cual “vuela” de manera controlada el 17 de diciembre 1903 en *Kitty Hawk* (Carolina del Norte), siendo generalmente acertado como el primer vuelo de un hombre en una máquina voladora autopropulsada y controlada.

A partir de entonces el aeroplano sigue su evolución, independiente de la cometa. Pero todavía tuvo algo que aportar y estuvo presente en la mente de los pioneros de la aviación unos años más. Además de ser utilizada para otros usos: el estudio de las altas capas de la atmósfera, fotografía aérea, entre otros.

6. - Samuel Franklin Cody y los sistemas de observación con cometas.

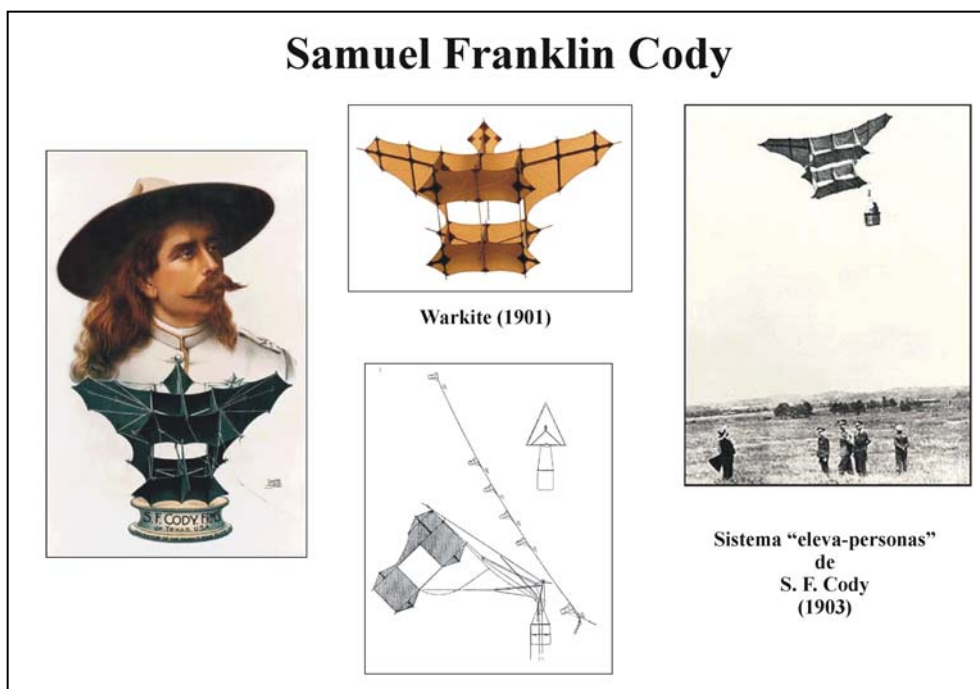


Fig. 7

Las pruebas realizadas por medio de globos libres a principios del siglo XIX, puso de manifiesto, que se disponía de una plataforma desde que, se podía transmitir información sobre los movimientos del enemigo y guiar los disparos de la artillería. Consecuencia de esto fue que durante el último tercio del XIX y principios del XX empezaron a crearse los Servicios de Aerostación Militar en los ejércitos de algunos países. Estos servicios desarrollaron técnicas y materiales adecuados, en los que el globo era el sistema principal de observación, pero también se diseñaron sistemas con cometas, como el del teniente Schreiber, adoptado por la Marina Rusa en 1903, el del Capitán del Ejército Frances Madiot en 1909 o el

del también francés Saconney²⁰ en 1910. Es interesante destacar el sistema ideado por S.F. Cody²¹, con el diseño de su cometa empleada por el Servicio de Aerostación Inglés y la Marina.

Samuel Franklin Cody nació en 1861 en *Birdville* (Tejas) En su infancia y juventud trabajó como vaquero, cazador de búfalos y buscador de oro. En 1888, se unió a un *Circo del Salvaje Oeste*, hasta que se trasladó a Inglaterra en el año 1890, donde fundó el suyo propio. Aprovecho el gran parecido de su apellido con el legendario Willian Frederic Cody "*Buffalo Bill*", para adoptar su aspecto y dar a su espectáculo un aire más auténtico.

A principios del siglo XX empieza a interesarse por las cometas, cuyo resultado es la patente en 1901 de su cometa *warkite o Bat*. Esta consiste en dos celdas rectangulares tipo Hargrave provistas de alas angulares. En el año 1903, el Ministerio de la Guerra Inglés por el sistema denominado por Cody: "*man-lifting system*" (sistema eleva-hombres). Este método consistía, en elevar una *cometa piloto*, a la que se unía una serie de *cometas elevadoras*, en un tren de hasta seis de ellas, dependiendo de las condiciones del viento. La última, denominada *portadora*, era la más grande y disponía de una barquilla, en la que se instalaba al observador con su equipo.

Entre los años 1903 a 1905, es utilizado en algunos barcos de la Marina Británica. Por fin en el año 1906, lo adopta el Ejército Inglés, como equipamiento auxiliar de sus compañías de aerostación. A Cody, se le otorga el puesto de Oficial Instructor Jefe de cometas en *Farnborough*.

Samuel F. Cody continúa sus trabajos aeronáuticos construyendo aeroplanos más convencionales y dirigibles. Su puesto en la historia de la aeronáutica se debe a que el 16 de Mayo de 1908, vuela por primera vez en un aeroplano que supuso el primer vuelo motorizado de un avión en Inglaterra. En 1913, murió en un accidente al estrellarse un hidroavión que pilotaba.

7. - Las cometas tetraédricas de Alexander Graham Bell.

Después del año 1895, tras haber patentado el teléfono, el interés de Alexander Graham Bell se dirigió fundamentalmente a la aeronáutica. En el año 1901, en su residencia de *Cape Breton* en Canadá, inicia experiencias con cometas con el fin de establecer una estructura estable y con un gran poder sustentador con el fin de construir un aeroplano tripulado. Tras probar con una gran variedad de formas, se decide por la forma tetraédrica, según explica en el año 1903 en un artículo publicado por el *National Geographic Magazine*, que lleva por título *The Tetrahedral Principle In Kite Structure*.²²

Una vez establecida una célula básica tetraédrica se puede combinar de distintas maneras formando estructuras más complejas. La propiedad, que tienen esta adición de celdas es que el

²⁰ Durante la Primera Guerra Mundial las *compagnes d'aerostiers* del Ejército Francés, realizaron ascensiones con este sistema.

²¹ Las siguientes obras tratan de su vida y aportaciones a la historia de la aeronáutica: LEE, A.G. (1965) *The Flying Cathedral* Londres, Methuen & Co. Ltd. WALKER, P. B. (1971). *Esrlly Aviation At Farnborough. Balloons, Kites and Airships*. Londres, Macdonald & Co. (Publishers). y JENKINS, G. (2000) *Coronel Cody and the Flying Cathedral*. New York, Picador USA.

²² BELL, A.G. (1903). The Tetrahedral Principle in Kite Structure, *National Geographic Magazine* (14), 6, 219 - 51.

aumento de peso que conlleva cada nuevo modulo aumenta en la misma proporción la superficie de sustentación, manteniendo constante la relación peso - superficie, y por tanto su capacidad de vuelo. En el año 1905, una cometa compuesta de 1300 células, de nombre *Frost King* eleva por accidente a uno de sus manipuladores hasta una altura de 10 m. Una cometa con un peso de 57 Kg, volando con un viento de 17 km./h, había sido capaz de elevar una persona de 75 Kg. Esta circunstancia hizo concluir a Bell que una estructura mayor, impulsada por un motor, que le proporcionara el empuje necesario, podría transportar a un hombre.

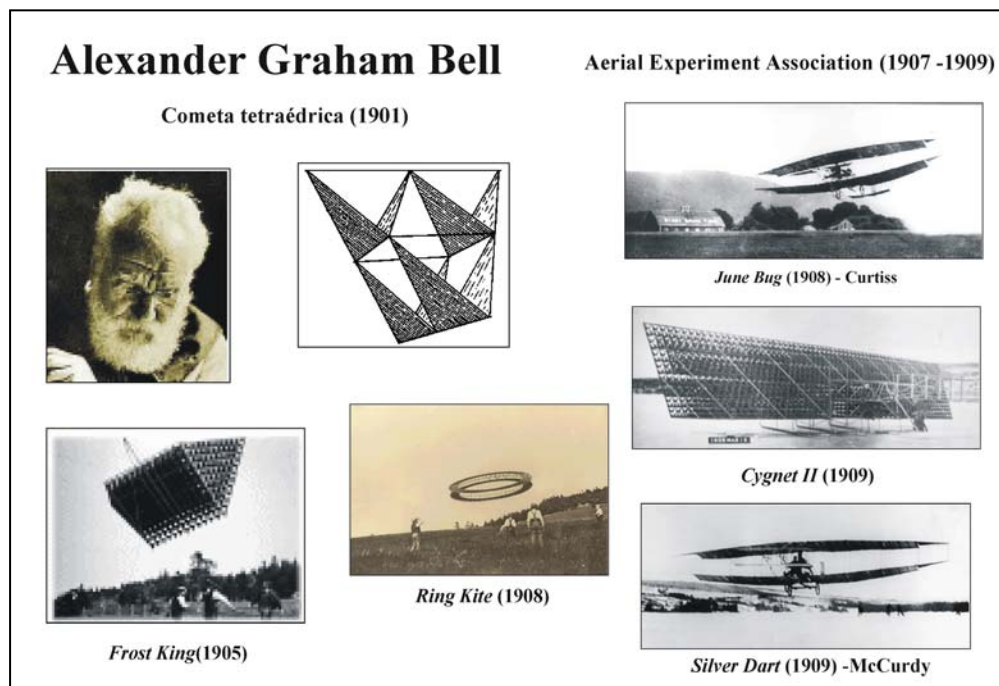


Fig. 8

Animado por este hecho, Bell funda en el año 1907, junto con un grupo de entusiastas de la aeronáutica: F. W. (Casey) Baldwin, J. A. D. McCurdy, el teniente T. E. Selfridge, y Glenn H. Curtiss, la *Aerial Experiment Association*. El fin de esta asociación²³ fue el desarrollo de un aeroplano aunando las ideas y esfuerzos de los miembros. Ese mismo año construyen una cometa de 3393 celdas, provista de flotadores, con el nombre de *Cygnet*. Arrastrada con ayuda de un barco de vapor por la *Bahía de Baddeck* (Canadá), se eleva a una altura de 51,2 m., llevando como pasajero al teniente T. E. Selfridge. Tras un vuelo de siete minutos, durante los que la cometa mostró una gran estabilidad y fuerza de sustentación, se aflojó el cable y amerizó suavemente en el agua.

Tras el éxito de este vuelo, Bell inicia la construcción de otra cometa más grande, la *Cygnet II*. Una versión ampliada de la anterior, capaz de transportar una persona e impulsada con un motor. La falta de potencia del motor, hizo que el resultado, no fuera el deseado, esto unido a que los demás miembros de la agrupación optaron por diseños de aeroplanos más convencionales, hizo que se abandonara el proyecto. En el año 1909, se disuelve la *Aerial Experiment Association*, no sin antes, haber construido cuatro modelos de aeroplano convencionales y haber empleado por primera vez el alerón en el control de un aeroplano.

Bell continuó con sus experiencias pero en otro campo: la construcción de una máquina capaz de deslizarse a gran velocidad por encima del agua: el *Hidrodrome*

²³ Sobre sus trabajos ver PARKIN, J.H. (1964). *Bell and Baldwin*. Toronto, University of Toronto Press.

8. - Usos militares de la cometa

La aparición de la Aviación Militar, hizo que las cometas quedaran obsoletas, al igual que los sistemas de globos. A pesar de ello al final de la Primera Guerra Mundial el ingeniero civil francés J. Lecornu propuso en 1917 emplear cometas arrastradas por buques con el fin de elevar observadores para la detección de submarinos.²⁴ La cometa volvió aparecer durante la Segunda Guerra Mundial, de una manera anecdótica en cuatro formas: como barrera antiaérea, para elevar antenas en las emisoras de socorro en los botes salvavidas, como blanco antiaéreo y cometa autogiro alemana *Focke Achgelis FA330*. A partir de ahí ya no volvió ser usada para la observación.

9. - Nuevas formas de las cometas

Tras la II Guerra Mundial, el ingeniero americano Francis Rogallo, desarrolló una cometa que abrió camino a una nueva forma, la conocida como semiflexible. La característica de esta cometa es que adquiere su forma por la combinación de la acción del viento y un sistema de seis bridas. La NASA se interesó por la idea de Rogallo, para ser empleada como paracaídas en la reentrada de cápsulas espaciales. Los actuales planeadores de Ala Delta y las cometas acrobáticas de dos hilos, son dos consecuencias de estas investigaciones.

En el año 1963, el americano Domina C. Jalbert se inspiró en el ala de su avión, para el diseño de una cometa flexible (*parafoil*) que tiene todas las ventajas de los principios aerodinámicos de las alas rígidas. La cometa no necesita de ninguna varilla, su forma y rigidez de vuelo se consigue por medio de unas bolsas internas que se hinchan con el viento, obteniéndose una forma alar de gran estabilidad y una gran fuerza de sustentación.

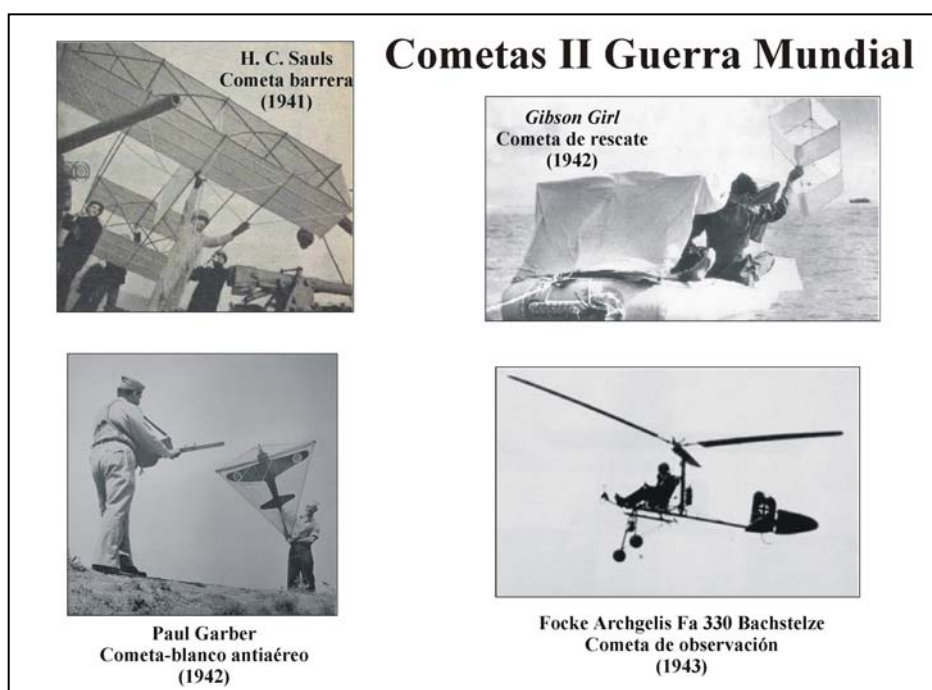


Fig. 9

²⁴ LECORNU, J. (1917). De l'Emploi des Trains de Cerfs-Volants montés pour la Surveillance des Mers et la Recherche des Sous-Marins. Paris, Librairie Vuibert. y LECORNU, J. (1918). Sous - Marins et Cerfs - Volants. Réponse aux Objections. Paris, Librairie Vuibert.

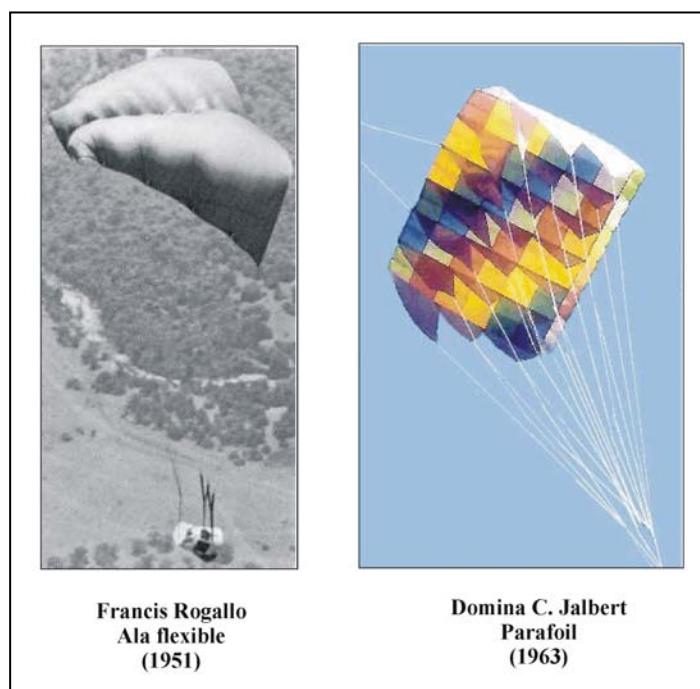


Fig. 10

10. – Conclusiones.

A la cometa en la historia aeronáutica le ha pasado como en otras ramas de la ciencia o de la tecnología, paso de ser un objeto de la cultura popular a ser un instrumento científico dentro de un sistema experimental. Una vez superada esta necesidad, la cometa se olvida y vuelve a su uso original, de tal forma que hoy en día ningún ingeniero aeronáutico pensaría en la cometa como un importante instrumento tecnológico, cosa que hace un siglo si lo era.

Por lo tanto rescatar la cometa del olvido es uno de mis objetivos y la razón por la que he redactado estas palabras con las que espero que cada vez que alguien vea volar una cometa recuerde lo que ha sido: un objeto que en el pasado fascinó a meteorólogos, ingenieros, alquimistas, filósofos y sobre todo el juguete de los niños que junto con el tren eléctrico más fascina a los mayores.

11. - Bibliografía

Fuentes primarias

BELL, A. G. (1903). The Tetrahedral Principle in Kite Structure, *National Geographic Magazine* (14), 6, 219 - 51.

CHANUTE, O. (1997) *Progress in flying Machines. Republication of the work first published in 1894.* Nueva York, Dover Publications.

CRADDOCK, DAVID A. (1994) *Construction Drawings for a selection of kites designed by Lawrence Hargrave,* USA

CRADDOCK, DAVID A. (1994) *Revensbourne to Airborn,* , USA.

GROSVENOR, G. H. (1908) Dr Bell's Man lifting Kite, *National Geographic Magazine* (19), 1, 35 - 52.

HARGRAVE, L. (1893) Cellular Kites, *Engineering Vol 56, Oct 27*, pp. 523 – 24.

HARGRAVE, L. 1895, Experiments on Kites *Engineering Vol 59, Feb 15*, p. 221.

LILIENTHAL, O. (2001) *Birdflight as the Basis of Aviation*, USA, Markowski International Publishers. Traducción al inglés del original publicado en 1889: *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst*

SACONNEY, J.T. (1909). *Cerf-volant militaires*. París, Nancy: Berger-Laurealt et Cie.

Fuentes secundarias

ANDERSON Jr, JOHN D. (1997). *A History of Aerodynamics*. Cambridge, Cambridge University Press.

CULICK, F. E. C. (1979). Los orígenes del primer avión motopropulsado con piloto a bordo. *Investigación y Ciencia n° 39 septiembre*, pp. 52 – 63.

EBER, D. H. (1991). *Genius at Work: Images of Alexander Graham Bell*. Halifax, Nimbus Publishing, Ltd.

GIBBS-SMITH, C.H. (1960). *The Aeroplane: an Historical Survey*, Londres, H.M. Stationery Off.

GIBBS-SMITH, C.H. (1962). *Sir George Cayley's Aeronautics 1796 - 1855*. Londres, H.M. Stationery Off.

GIBBS-SMITH, C.H. (1966). *The Invention of the Aeroplane*, Londres, Faber.

KARLSON, P. (1940) *El Hombre Vuela. Historia y Técnica del Vuelo*. Barcelona, Editorial Labor.

PARKIN, J.H. (1964). *Bell and Baldwin*. Toronto, University of Toronto Press.

PELHAM, D. (1976). *The Penguin Book of Kites*. Londres, Penguin Books.

ROUGHLEY, T.C. (1937). *The Aeronautical Work of Lawrence Hargrave*. Sydney, David Harold Paisley, Government Printer.

SHAW, W. H. (1977) *Lawrence Hargrave: Explorer, Inventor and Aviation Experimenter*, Stanmore, Cassell Australia.

WALKER, P. B. (1971). *Early Aviation At Farnborough. Balloons, Kites and Airships*. Londres, Macdonald & Co. (Publishers).

