

Título del trabajo/ Title of paper

Caminos de luz o aerovías iluminadas: Los aerofaros.

Autor/es/ Author/s

Francisco J Bugallo Siegel.
Carlos A. Lozano Arribas.
Santiago Pindado Carrión.

Afiliación/es del autor/es/ Affiliation/s of the author/s

Dpto. Sistemas Aeroespaciales, Transporte Aéreo y Aeropuertos.
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio.
Universidad Politécnica de Madrid.

Dirección principal/ Mail adress

Plaza del Cardenal Cisneros, 3 – 28040 Madrid.

Teléfono, fax, e-mail de la persona de contacto/
Phone, fax number and e-mail adress of the contact person

913366360-103 / 619918126
f.bugallo@upm.es

Tema: 10.- Otros usos de la luz.

CAMINOS DE LUZ O AEROVÍAS ILUMINADAS: LOS AEROFAROS.

ANTECEDENTES.

Se podría definir el “camino de luz” como el haz dirigido de luz artificial que permite el guiado visual a larga distancia, distancias superiores a 20 millas náuticas (37 km). El dispositivo de uso más común es el ingenio conocido genéricamente como faro, con sus distintas acepciones y configuraciones según el uso al que esté destinado. La visión de la luz del faro permite por una parte su identificación, por tanto, el conocimiento de la propia posición, y por otra la obtención de la dirección de desplazamiento (derrota o rumbo) cuando nos dirigimos hacia él.

A finales de la Primera Guerra Mundial (1914-1918), origen de la aviación como medio de transporte, los pilotos disponían de pocos medios técnicos para seguir una ruta determinada, lo que contribuía a que se produjeran multitud accidentes, o que los aeroplanos perdiesen el rumbo y no llegasen a su destino. La necesidad de realizar vuelos con mayor seguridad hizo que se implantaran, por parte de los Estados, unos “caminos de luz”, o aerovías iluminadas. El uso de aerofaros para el guiado de las aeronaves data de principios del siglo XX, finalizada la Primera Guerra Mundial, aunque se cree que ya existían precedentes puntuales de este tipo de guiado, antes de la Gran Guerra.

CAMINOS DE LUZ O AEROVÍAS ILUMINADAS: LOS AEROFAROS.

Los aerofaros y aerovías iluminadas en Estados Unidos de Norteamérica.

En mayo de 1918 el Gobierno de Estado Unidos de Norteamérica acuerda crear el Departamento de Correos (Post Office Department) subordinado al Departamento de Comercio (Commerce Department), fundando la rama aeronáutica que inicia en ese momento los vuelos de transporte aéreo del correo. En esos días no existía una buena cartografía y los sistemas de navegación se reducían a un simple compás (brújula) de dudosa precisión. Los pilotos volaban observando hitos terrestres tales como ríos, líneas de ferrocarril, concentraciones urbanas, etc. Esto significaba que volar en mal tiempo era difícil y volar de noche prácticamente imposible. A principios de la década de 1920, sólo 60 años después de que el Pony Express dejara de subsistir debido al progreso del ferrocarril transoceánico que lo reemplazó, el Departamento de Comercio decidió que la mejor forma de establecer rutas aéreas nocturnas, y con meteorología adversa, a través de los Estados era utilizando aerofaros de ruta a imagen de los faros marítimos. Estos aerofaros se comenzaron a instalar en 1923, emplazándose durante esa década unos 1.500 en rutas predefinidas. Cada aerofaro consistía en un reflector rotatorio de luz blanca, inicialmente con una lámpara de quemador de gas acetileno y una válvula solar, y posteriormente con una lámpara eléctrica de incandescencia de 1.000 vatios, cuya luz era amplificada mediante una parábola de espejo de 24 pulgadas (unos 60 cm). Se obtenía un haz



Insignia acreditativa de los jinetes del Pony Express.

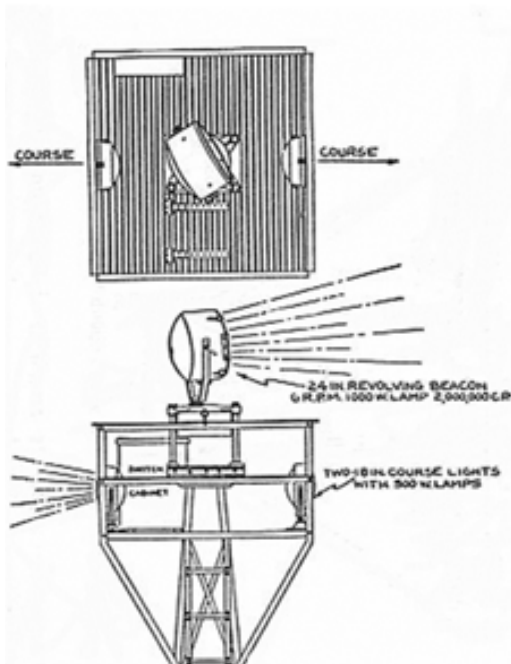


Insignia acreditativa de los pilotos del correo aéreo del Departamento de Correos.



Reflector de aerofaro. Fotografía de Cíbola Historical Society.

de luz con una apertura de unos 5 grados y una intensidad de un millón de candelas, por lo que era visible desde 20 a 40 millas náuticas (unos 70 km) de distancia en días claros. El haz era apuntado a 1'5 grados sobre el horizonte. Un pequeño porcentaje de la luz del aerofaro se reflejaba hacia arriba para que fuese más visible de cerca.



Esquema instalación aerofaro de ruta.

Aerofaro de Cibola. EE.UU. 2015.

Justo debajo del reflector (aerofaro de recalada) se instalaban dos proyectores de luz de curso apuntado uno a lo largo de la aerovía y el otro en sentido contrario. Estos proyectores de curso contenían lámparas incandescentes de 500 vatios que producían un haz horizontal de luz de un ancho de 15 grados. El haz de luz proyectado era de unas 100.000 candelas a lo largo del curso de la aerovía. Mediante destellos indicaban su número ordinal o posición en la aerovía, entre uno y nueve en código Morse, identificando individualmente el aerofaro a lo largo de un segmento de cien millas (unos 160 kilómetros) de aerovía. La luz emitida era de color rojo si no había aeródromos en sus proximidades y verde si existía un área de aterrizaje de emergencia cercana.



Airway Beacon 1M-T20BP – General Electric.

El aerofaro, y sus proyectores de curso, se instalaban, normalmente, sobre una torre de celosía metálica, de 51 pies (15 m) de altura, anclada sobre el eje de una flecha de hormigón de unos 70 pies (21 m) de largo. Estas flechas, que estaban pintadas de negro con borde amarillo, posteriormente se pintaron completamente de amarillo para su mejor identificación por el día, apuntaba a lo largo del eje de la aerovía y servían para indicar la dirección de la misma durante el día. En el extremo opuesto a la punta de la flecha se situaba una caseta en cuyo interior se encontraba el depósito de acetileno, para alimentar las primeras lámparas con quemadores de gas, y posteriormente se situaba el generador eléctrico de alimentación de las lámparas incandescentes.

El aerofaro, y sus proyectores de curso, se instalaban, normalmente, sobre una torre de celosía metálica, de 51 pies (15 m) de altura, anclada sobre el eje de una flecha de hormigón de unos 70 pies (21 m) de largo. Estas flechas, que estaban pintadas de negro con borde amarillo, posteriormente se pintaron completamente de amarillo para su mejor identificación por el día, apuntaba a lo largo del eje de la aerovía y servían para indicar la dirección de la misma durante el día. En el extremo opuesto a la punta de la flecha se situaba una caseta en cuyo interior se encontraba el depósito de acetileno, para alimentar las primeras lámparas con quemadores de gas, y posteriormente se situaba el generador eléctrico de alimentación de las lámparas incandescentes.



Aerofaro del aeropuerto Grants-Milan perfectamente conservado por Cibola County Historical Society - Aviation Heritage Museum Tipo de instalación de aerofaro de 1931.

En sitios extremadamente remotos sin energía eléctrica comercial, los aerofaros eran alimentados por dos grupos electrógenos de gasolina, uno de ellos usado como soporte, conectados a dos tanques de combustible de 515 galones (1.950 litros). Por la noche, o en períodos de mal tiempo, con la ayuda de un reloj astronómico o una célula fotoeléctrica, uno de los generadores intentaba arrancar, si no lo lograba se activaba automáticamente el generador de reserva. Este proceso se repetía hasta que uno de ellos entraba en línea. El generador se controlaba termostáticamente y se apagaba automáticamente si llegaba a calentarse demasiado, o si estaba demasiado frío. En temperaturas ambientales de congelación, se arrancaban automáticamente durante ciertos intervalos de tiempo a lo largo del día para mantener su aceite de lubricación caliente.

A partir de 1923, instalación del primer aerofaro, se erigieron prontamente cientos de ellos a lo largo de Estados Unidos, espaciados unas 10 millas

(unos 16 kilómetros) entre sí. Cada tercer aerofaro de ruta tenía asociada una zona de aterrizaje de emergencia localizada en sus cercanías y una luz verde de curso asociada. Durante esta época la radio (comunicación oral) todavía no había sido inventada, ni utilizada en los aeroplanos hasta muchos años después.

En 1924, apenas un año después de que el Congreso financiara el proyecto, la línea de flechas indicadoras gigantes de hormigón se extendía desde Rock Springs, Wyoming hasta Cleveland, Ohio. En el verano del siguiente año llegaron hasta Nueva York y luego se expandieron por todo el camino hacia San Francisco en 1929. En ese año la División de Aerovías del Departamento de Comercio comenzó a experimentar con generadores eólicos como fuente de energía para los aerofaros. Los primeros experimentos se llevaron a cabo en la aerovía Atlanta-Nueva York con el aerofaro nº 55 ubicado en una torre de 55 metros de altura, situado en Alexandria, Virginia. El generador impulsado por el viento alimentaba a una serie de acumuladores consistentes en dos unidades de 16 celdas y 400 amperios-hora.

Los aerofaros designados tipo H tenían una lente de doble haz de 18 pulgadas que apuntaba hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la dirección de la aerovía. Parpadeaba seis veces por minuto. Por encima del proyector de 18 pulgadas se veía una luz blanca de cobertura 360° que parpadeaba al unísono proporcionando indicaciones de fuera de curso.

Complementando los aerofaros de ruta eléctricos, existían unas luces intermitentes con lámparas de acetileno de 300 mm fabricadas por American Gas Accumulator Company. Se ubicaban espaciadas cada 3 millas, en aquellos lugares donde la topografía oscurecía los aerofaros adyacentes. Su luz parpadeaba 22 veces por minuto. Se apagaban al amanecer y se encendían al atardecer mediante una válvula solar inventada por Gustaf Dalen (Premio Nobel de Física en 1912). La válvula consistía en un vástago de carbono vertical rodeado por tres vástagos chapados en oro igualmente espaciados y paralelos entre sí. La luz solar de la mañana reflejada por las varillas doradas provocaba que la

varilla de carbono vertical se expandiera, cortando el gas y dejando sólo una pequeña luz piloto encendida. El enfriamiento nocturno provocaba que la varilla de carbono se contrajera, abriendo la válvula de gas y permitiendo que fluyera el acetileno almacenado



a) Aerogenerador de Aerofaro; b) Luz complementaria de aerovía. Aircraft Year Book - Ben Ashlock Steve Wolff collection.

al quemador y se encendiera la lámpara. La instalación de la válvula solar redujo el consumo de gas de acetileno en un 20-40%. Las luces intermedias fueron diseñadas para operar desatendidas durante varios meses y sólo requirieron una limpieza ocasional para eliminar los depósitos de carbón del quemador.

El epílogo de los aerofaros comienza con los nuevos avances en la tecnología de la comunicación y la radio-navegación que hicieron quedar obsoletas las grandes flechas de hormigón y sus aerofaros. El Departamento de Comercio desmontó los aerofaros en la década de 1940. Las torres de acero fueron derribadas para ser utilizado su material en el esfuerzo de guerra.

Hoy en día, sólo quedan algunas de estas instalaciones.

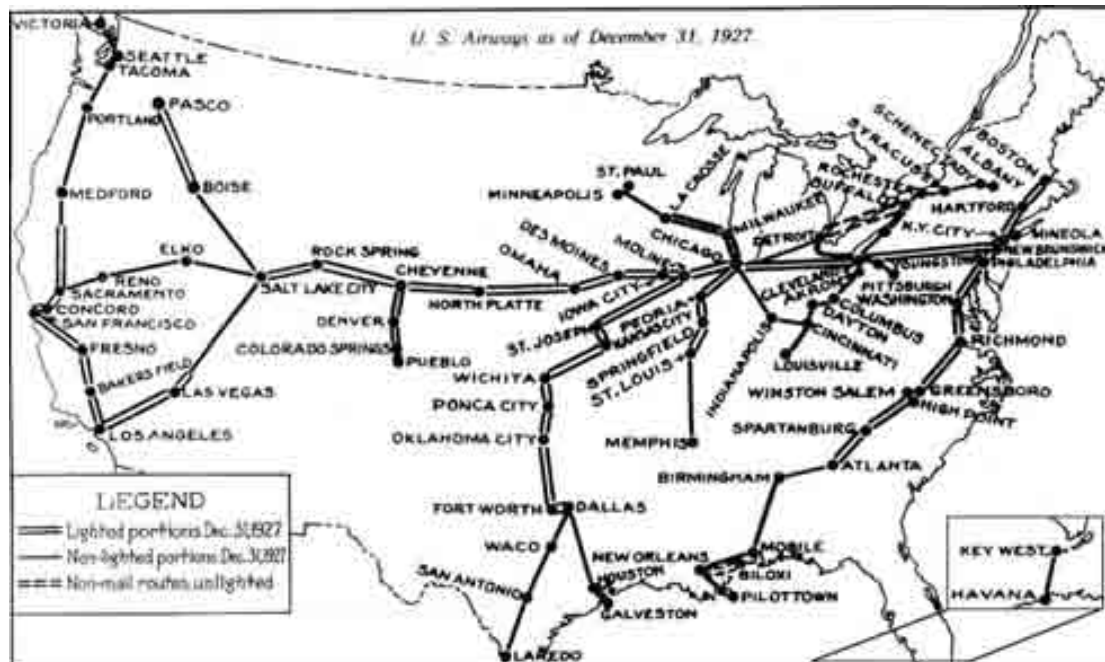
A principios de la década de 1920, con el desarrollo del sistema de aerovías iluminadas se fundó la American Flight Inspection. Fue creada por petición de la US Airmail y negociada por el Departamento de Correos.



Descarga del correo en Nueva York proveniente de Chicago. Aerofaro de recalada sobre el hangar. El vehículo es un Ford T - 1925

Esta oficina de correos desarrolló el concepto de aerovía, predeterminando rutas y horarios para proporcionar unos medios fiables de seguridad en el transporte del correo mediante aeroplanos. A mediados de la década de 1920, el correo aéreo era el mayor hecho histórico de la aviación comercial y fue la base sobre la que se construyeron las líneas aéreas de pasajeros. El Departamento de Correos comenzó estableciendo una ruta aérea costa-costa que siguió una línea

prácticamente recta desde New York a San Francisco, rutas aéreas desde New York a Cleveland, a Chicago, a Omaha, a Cheyenne, a Salt Lake City y San Francisco. Por los años 1920, el correo aéreo volaba desde New York a Chicago en un día por la nueva aerovía.



Rutas aéreas con aerofaros en 1927. Primera ruta aérea transcontinental Nueva York – San Francisco.

El segmento de aerovía transcontinental entre Chicago y Cheyenne fue equipado con aerofaros y dio servicio nocturno en julio de 1924. Segmentos adicionales fueron alumbrados hacia el Este. La ruta hacia Rock Springs, Wyoming, lució en 1925. Los trabajos continuaron hasta completar la iluminación de la ruta entre Rock Springs y Salt Lake City que se iluminó en 1926. El último segmento sobre California Sierras, con el terreno más abrupto y por tanto más complicado, no fue completado hasta 1929.



Aerofaro 13 B y Aeródromo de emergencia (en primer término, a la izquierda una de las primeras balizas luminosas). Fotografía National Archives.

Hasta que no fueron iluminadas completamente las aerovías el servicio de correo aéreo no era fiable. Aún con sólo dos tercios de la ruta Este disponible para el servicio nocturno el correo se podía mover desde San Francisco a New York en 29 horas (hoy en día la

duración del vuelo es de 5 horas con 30 minutos), frente a las 72 horas del servicio de correo por tren.



Estación de Elko, Nevada. Departamento de Comercio. División de Aerovías. Servicio de aerofaros. 1931

En diciembre de 1926 entró en operación el primer aerofaro erigido por la nueva rama aeronáutica del Departamento de Comercio. El aerofaro estaba localizado a 15 millas (unos 24 kilómetros) al noroeste de Molina, Illinois, en la ruta de correo aéreo Chicago-Dallas.

En junio de 1927 ya había 4.121 millas (6.600 kilómetros) de aerovías con aerofaros, incluyendo 2.041 millas (3.300 kilómetros) en la aerovía transcontinental que había sido previamente iluminadas por el Departamento de Correos. En julio de 1927 la aerovía transcontinental fue transferida del Departamento de Correos al Departamento de Comercio, extendiéndose la aerovía desde New York a San Francisco alcanzándose las 2.612 millas (4.200 kilómetros). La aerovía incluía 92 campos de aterrizaje intermedios, 101 aerofaros eléctricos y 417 aerofaros de acetileno.

En enero de 1928 la publicación *Domestic Air News*, de la rama aeronáutica del Departamento de Comercio, reportó la primera protesta del ruido de los aeroplanos por parte de la granja Cackle Corner Poultry en Farrettsville, Ohio, en la que se indicaba que el bajo vuelo de los aeroplanos paralizaba la producción de huevos.

En enero de 1929 la División de Aerovías, del Departamento de Comercio, encendió el aerofaro nº 25 en Miriam, Nevada, en la aerovía San Francisco-Salt Lake City, completando el final del tramo de 20 millas (32 kilómetros) sin iluminación de la aerovía transcontinental.

El año 1929 fue el comienzo del desarrollo de los sistemas de radionavegación, y el principio del fin de los caminos de luz que pronto serían reemplazados por los caminos de radiaciones electromagnéticas.



Estación de radionavegación LFR en Northway Alaska. Fotografía National Archives. Década 1930.

Los vuelos postales nocturnos fueron extraordinariamente peligrosos. Durante los nueve primeros años, 1918-1927 murieron 32 pilotos y nueve mecánicos. Durante ese período se transportaron unos 17.5 millones de cartas sobre una distancia de 2.5 millones de millas (40 millones de kilómetros).

La primera estación de radionavegación, de pruebas, fue introducida en 1928, su señal de baja frecuencia se propagaba según cuatro lóbulos direccionales. Dos con la letra A en código Morse (punto- raya) y los otros

dos con la letra N (raya-punto). Los lóbulos alternados según el curso producían un balance entre las señales A y N. Los pilotos escuchaban la preponderancia de las señales A o N en sus receptores y valoraban el rumbo seguido aplicando las correcciones pertinentes.

Los aerofaros y aerovías iluminadas en Europa.

Hubo dos tendencias en la práctica de iluminación de las aerovías en el mundo. Por un lado, la de los Estados Unidos de Norteamérica, Alemania y Países Nórdicos que consistía en ubicar una serie de proyectores de intensidades luminosas relativamente bajas, pero distribuidos a intervalos cortos a lo largo de la ruta aérea, para que los pilotos pudiesen seguir la línea marcada mediante luz. La otra, optada por Inglaterra y Francia, tenía como principio rector el de proporcionar haces de luz muy potentes a distancias comparativamente largas, que pudieran ser observadas por aviadores a gran distancia que volasen bajo o a altitudes relativamente altas.



Search Light francés WWI – Paris.

Francia. Prácticamente al mismo tiempo que en Norteamérica, el Servicio de Navegación Aérea de Francia comenzó a diseñar para sus rutas aéreas, un sistema similar de aerovías iluminadas norteamericanas. La idea del proyecto surgió durante la Primera Guerra Mundial cuando las tripulaciones que regresaban de las incursiones nocturnas sobre las líneas enemigas eran guiadas por los haces de luz originados por potentes reflectores (searchlights). Poco después de concluir la Primera Guerra Mundial, el director de Navegación Aérea decidió

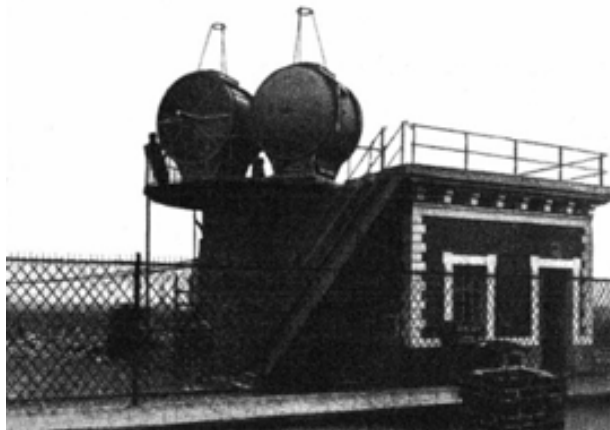
crear una red doméstica de rutas aéreas nocturnas utilizando, como punto de partida, esta señalización visual. La idea era señalar con potentes aerofaros las dos grandes rutas que cruzaban Francia, una de Este a Oeste y la otra de Norte a Sur, situándolos aproximadamente cada 30 millas (unos 50 kilómetros).

En aquellas fechas existían dos rutas aéreas principales a través de Francia. La ruta Norte-Sur, desde Argelia, pasando por Dijon, a París y norte de Europa, y la del Este-Oeste entre Londres y París y, pasando por Dijon, a Suiza e Italia.

Aerofaro de Mont Valerien. El primer gran aerofaro de la ruta aérea Este-Oeste estuvo situado en Mont Valerien, localizado en Suresnes, justo al este de París en una montaña a 500 pies (162 metros) de altitud. Mont Valerien, así como otras muchas localizaciones a través de Francia, fue equipado con un aerofaro de recalada Sautter-Harle.

Este tipo de aerofaro no contenía elementos refractivos (lentes), siendo por ello más simple que los aerofaros propuestos por la BBT. El diseño estaba formado por dos proyectores que concentraban la luz para asegurar un cierto alcance durante los períodos de niebla. Cada proyector disponía de un reflector metálico de 6'5 pies (2 metros) de diámetro y próximo a 4 pies (1'15 metros) de distancia focal. Estaban montados en un pedestal que giraba alrededor de un eje vertical y pesaban 10 toneladas. El ángulo vertical de posición de los proyectores, así como su velocidad de rotación eran ajustables de forma que era posible obtener grupos de dos destellos sincronizados. Un pequeño reflector auxiliar de 2'9 pies (0'9 metros de diámetro, situado por debajo del centro del reflector principal, estaba destinado a incrementar la dispersión de la luz del haz hacia arriba proporcionando un haz más ancho en distancias cortas.

La luz combinada de los haces de los dos proyectores producían cerca de las 800.000 candelas y tenían un rango de visión de más de 180 millas (300 km) en días claros.



Aerofaro Sautter Harle de Mount Valerien – Francia.



Proyectores duales mostrando los reflectores. Sautter Harle.

Una de las partes más interesantes de los proyectores eran sus fuentes de luz. Utilizaban lámparas de arco de corriente continua, con ajuste automático, manteniéndose el voltaje próximo a los 70 voltios utilizando una corriente ajustable que podía ser escalonada desde un valor nominal de 220 amperios a un máximo de corriente de 300 amperios. Este incremento escalonado de la corriente determinaba el brillo del arco y por tanto la intensidad luminosa del haz de luz. En nivel luminoso máximo de esta lámpara era bastante superior al conseguido por los equipos de la firma BBT, pero se ha de tener en cuenta que los proyectores con espejos tienen un peor rendimiento luminoso que los diseñados con ópticas de cristal, sobre todo después de cierto tiempo de servicio, ya que los espejos eran más sensibles al efecto del arco y más difíciles de mantenerlos en buen estado. Por todo ello, el rendimiento luminoso de los dos tipos de aerofaros era similar.

Los aerofaros de Sautter-Harle permanecieron operativos hasta que las fuerzas armadas alemanas los eliminaron durante la II Guerra Mundial (1939-1945) para ser reemplazados por equipos de radio.



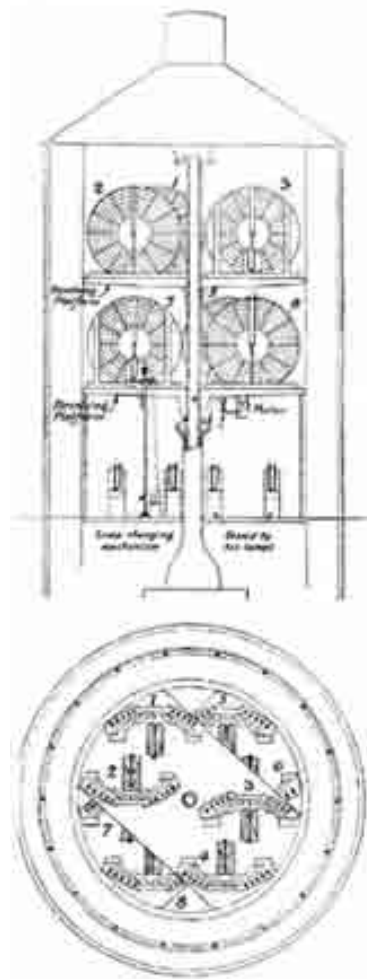
Aerofaro de Mont Afrique Mont Afrique en 1925.



Lámpara de arco motorizada utilizada por BBT.

Aerofaro de Mont Afrique. Al estar Dijon en el cruce de ambas rutas se dispuso un aerofaro más potente. Comenzó a fabricarse en 1921 en la factoría BBT que tenía en Paris y se emplazó en 1924. Comenzó a lucir en julio de 1925, siendo uno de los primeros aerofaros de la época en que la navegación aérea todavía era visual y se desarrollaba sólo durante las horas de luz del día. Estuvo situado en Flavignerot, a 6 kilómetros al suroeste de Dijon, en Mont Afique, a 590 metros de la

superficie del rio Saone y 610 m de altitud.



Esquema del aerofaro de Mont Afrique Mont Afrique.

vicio y subir la de repuesto. Las tres plataformas giratorias se montaron sobre cojinetes de bolas en un eje de rotación central accionado por un motor eléctrico situado en la sala del generador, en la base de hormigón armado del aerofaro. Las fuentes de luz eran lámparas de arco eléctrico con regulación automática. El arco se establecía con una corriente continua de 120 amperios a 65 voltios y disponía de lentes Fresnel de 1,5 metros de diámetro y una distancia focal de 500 mm. La intensidad del haz de luz de estas cuatro ópticas cuando se ponían en paralelo podían producir hasta 550 millones de candelas en condiciones ideales, y la potencia total de la luz producida en

La torre tenía una altura de 12 metros y estaba soportada por una base de hormigón armado. La parte superior, o linterna, era de vidrio de 5,5 metros de altura y 5 metros de diámetro. Disponía de dos plantas con las ópticas, o plataformas, en la superior se encontraban las ópticas 1 y 3 y en la inferior las ópticas 5 y 7 que dirigían sus haces de luz hacia un mismo punto para concentrarla en un solo haz para su visión por el piloto. Las ópticas 2 y 4 sobre la plataforma superior y las ópticas 6 y 8 sobre la inferior apuntaban en dirección opuesta a las otras ópticas formando un haz de luz a 180° del anterior. Las plataformas donde se habían instalado los dispositivos ópticos eran giratorias con velocidad ajustable entre 8 y 20 segundos por revolución. De esta forma se podía iluminar los 360° del horizonte. La separación de los destellos era variable entre 4 y 10 segundos, lo que permitió la caracterización del aerofaro. En el piso por debajo de las dos plataformas ópticas, solidario a ellas y por tanto también giratoria, se situaban las lámparas de arco de repuesto y un mecanismo de cambio de lámpara. Para ello se disponía de una serie de poleas con el fin de bajar la lámpara fuera de ser-



Mapa rutas aéreas nocturnas en Francia. Los puntos señalan los aerofaros. 1931. ■ Control aerofaros; * Aerofaros principales; ● Aerofaros marinos; ○ Aerofaros adicionales.

ambas vías era superior a 1.000 millones de candelas, veinte veces más que el faro marítimo medio. Los haces de luz se conformaban en ejes verticales que permitían, a las aeronaves que volaban entre 1.000 y 4.000 metros de altitud, ver los brillantes haces de luz.

La corriente eléctrica era suministrada por un grupo electrógeno, respaldado por otro de repuesto, ubicados ambos debajo de la plataforma de servicio en la base de la torre.

La luz del faro de Mont Afrique era visible, en unas condiciones meteorológicas medias, a unos 150 km. En días muy claros se llegaba a distinguir la luz a unos 350 km. Fue considerado, en aquella época, el faro más potente del mundo. El faro estuvo en funcionamiento desde 1925 hasta 1939. Su luz fue apagada durante la II Guerra Mundial. Después de la guerra, en 1946, se volvió a encender, sin embargo, quedó pronto obsoleto y en 1960 sus lámparas de arco fueron apagadas definitivamente, eliminándose la torre poco después. Hoy en día, dado el estratégico emplazamiento que tenía, se ha situado un Centro de Comunicaciones.

Faro/ Aerofaro de la Torre Eiffel. Gustave Eiffel, ya en 1889, estaba enfrascado haciendo estudios para situar una luz encima de la estructura más alta del mundo. Esta luz barrería el cielo con rayos de color azul, blanco y rojo cubriendo una distancia de 100 kilómetros. Sería el toque final del elemento más representativo de la Exposición Universal de París (1889).

En 1947, se hizo evidente el interés por utilizar la Torre Eiffel como ayuda a la navegación aérea. La altura de la Torre, la visibilidad y el alcance geográfico eran mucho más extraordinarios que la baja altura del Mont Valérien, donde ya había instalado un aerofaro muy potente. Así, se montaron dos aerofaros en la parte superior de la torre de forma que diesen la impresión, desde lejos, que se trataba de una sola fuente de luz.

En 1970, dado que el tráfico aéreo sobre París se había prohibido, la Agencia de Aviación Civil se negó a llevar a cabo la fijación necesaria de un nuevo aerofaro por lo que éste fue reemplazado por las luces rojas normalizadas de obstáculo habituales en estructuras elevadas.

Instalado una vez más como un montaje permanente para la ocasión del nuevo milenio (Siglo XXI), a partir del año 2000 dos haces de luz, que alcanzan los 80 kilómetros, barren el cielo de París. Cuatro proyectores giratorios de luz, motorizados, son gobernados por un microprocesador instalado con una programación automática específica para controlar el movimiento de cada uno de ellos. Cada proyector gira 90 ° en forma de cruz para crear un doble haz de luz giratoria de 360°.



Proyectores de la Torre Eiffel. 2015.

Inglaterra. Durante la I Guerra Mundial (1914-1918) fueron utilizados por los Aliados pequeños aerofaros móviles para guiar a los aeroplanos durante su regreso de sus misiones nocturnas. Esta idea se repite en el Reino Unido durante la II Guerra Mundial, en la que se construyeron los aerofaros de referencia "Pundit" (punto de referencia) y la red "Occult" (oculta). Ambos sistemas utilizaban aerofaros de distinto diseño. Los aerofaros

Pundit se montaban en remolques. La fuente de luz consistía en ocho lámparas de 400 vatios de neón rojo ancladas en una pirámide de cristal. La energía eléctrica procedía de un grupo electrógeno con un motor de gasolina de 16'9 CV que arrastraba un generador de ocho bobinas de inducción que producía la alta tensión necesaria para encender los tubos de neón. El grupo electrógeno, el secuenciador para el código Morse de



Remolque de aerofaro Pundit de la II Guerra Mundial.



Aerofaro de aeródromo de la II Guerra Mundial.



Mapa que indica los campos de aviación y su aerofaro asociado, así como su letra código asociada.

Además, se le adjudicaba un código diferente, elegido de entre uno de los tres adjudicados. Estos cambios eran comunicados a las tripulaciones de vuelo para su reconocimiento.

la luz de destellos y la linterna para la lámpara se transportaba en conjunto en un remolque. Durante el transporte, el fanal de la lámpara se desmontaba y se ubicaba en la parte posterior del contenedor del generador con el fin de reducir la altura total de la unidad. Una vez situado el aerofaro se volvía a instalar en su lugar.

Cada aeródromo se localizaba mediante un código Pundit único de dos letras, normalmente basado en el nombre de la localidad donde estaba situado. En el período de entre guerras se incrementó el número de aeródromos con lo que se solaparon muchos indicativos. Se asignaron nuevos códigos añadiendo una letra distintiva al indicativo. Las letras de los códigos eran visibles desde el aire (3 m de altura) y se situaban, por lo general, cerca de la torre de control, o sobre el campo de vuelos. Antes de 1937, todos los aeródromos utilizados para vuelo nocturno estaban equipados con aerofaros Pundit, que adoptaban una luz roja de destellos con el código Pundit de dos letras. El aerofaro era visible desde todos los azimutes. La secuencia de código Morse fue programada,

para cada aerofaro, con un secuenciador de disco. Durante la II Guerra Mundial estos aerofaros se convirtieron en una guía luminosa conocida para el retorno de las tripulaciones de bombarderos.

La capacidad para mover los aerofaros Pundit permitía señalar los aeródromos temporales y también para camuflar la ubicación de los campos de aviación al enemigo. El aerofaro se situaba en una de las tres posiciones preseleccionadas y a cierta distancia del aeródromo.

Los aerofaros de ruta se utilizaron antes de la II Guerra Mundial a modo de balizas de navegación como parte de un sistema oculto. Indicaban las rutas aéreas y los hitos de navegación, en vez de establecerlos los campos de aviación. Cada aerofaro emitía una señal en código Morse de una sola letra. Era visible desde unas 60 millas (97 km) y era único en un entorno de 150 millas (240 km) de radio. Se montaba en un remolque con un grupo electrógeno, y disponía de una única lámpara eléctrica de luz blanca cuyos destellos los proporcionaban obturadores de rotación.



Aerofaro de Tatsfield,
21 de abril de 1931.
www.sadolgkit.com



Aerofaro de Merstham.
www.sadolgkit.com

Las pruebas, durante el desarrollo de los aerofaros y otros equipos de iluminación para su uso en la aviación civil, comenzaron en el Reino Unido en 1919, en Andover, Hampshire. Fue construido un aerofaro en el campo de aviación Hounslow, sustituyendo una pequeña baliza luminosa existente. Permaneció en servicio hasta marzo de 1920, cuando se cerró el campo de aviación. Un segundo aerofaro de prueba fue construido en aeródromo de Croydon en 1920, que permaneció en funcionamiento durante dos años, además del de Lympne, de 60.000 candelas sobre torre en celosía de acero de 30 pies de altura (10 m).

El aeródromo de Croydon había reemplazado el de Hounslow como aeródromo de Londres. Los faros de Croydon y Hounslow tenían una fuente luminosa de quemador de acetileno que en la década de 1930 pasaron a utilizar energía eléctrica. El aerofaro de Croydon se reinstaló en la parte superior

de una torre de celosía de acero de 30 pies (10 m) de altura en las llanuras del norte de Tatsfield Hill, formando parte de la nueva red de aerofaros que señalizaban la aerovía Londres-Paris.



Proveniente de un mapa de la RAF de 1934. Muestra la aerovía entre Londres y la costa con los aerofaros señalados con un asterisco.

El aerofaro de Cranbrook, en Kent, situado en uno de los puntos más altos de Weald estaba a unas 32 millas al sureste de Croydon. De 90.000 candelas de luminancia se instala sobre una torre de celosía metálica de 50 pies de altura. La luz que emitía era de destellos codificados. La linterna, que contenían el proyector de luz aérea, disponía de techos acristalados, así como los acristalamientos laterales habituales en faros marinos.

En 1931 se construye un aerofaro en Merstham, Surrey, alimentado por energía eléctrica. Este aerofaro señalizó una ruta alternativa a través de las llanuras del norte siguiendo la línea de ferrocarril de Londres a Brighton, entre Purley y Merstham. Utilizaba una lámpara incandescente, tipo Edison, especial de 3 kW con tres filamentos. Tenía un sistema dióptrico fijo que proporcionaba un haz de revolución. La luz se intensificaba mediante un espejo esférico de

plata pulida montado en la puerta de acceso al interior del proyector. La lente de 500 mm conseguía una luz de 85.000 candelas en el haz principal que era visible a unas 31 millas.



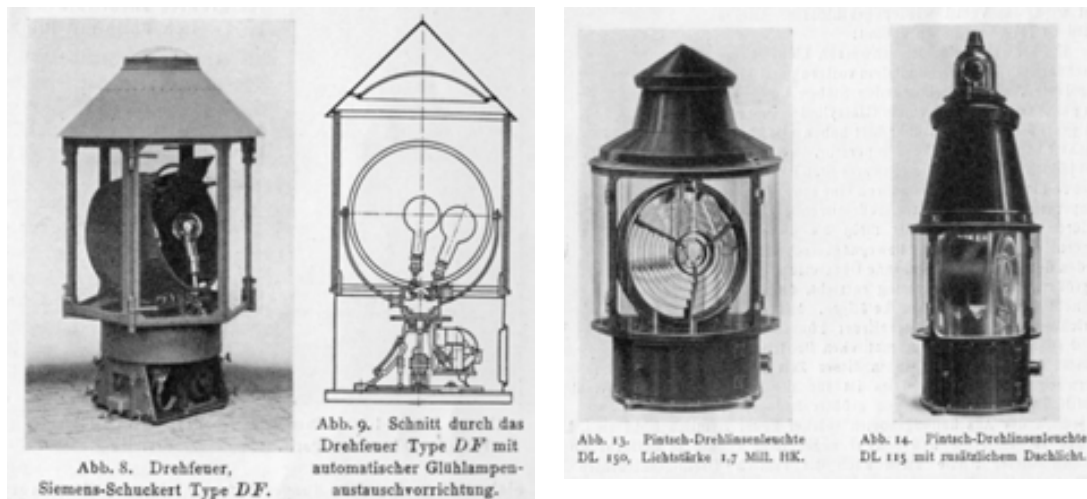
Merle Common
Airway Light.
www.sadol-
git.com

En días de atmosfera clara el rango podía incrementarse un 30%. El aerofaro rotaba y producía una luz de destellos codificada en código Morse. Se instalaron otros aerofaros en Merle Common, cerca de Oxsted en Surrey, y en Brenchely y Bethersden en Kent. Estas luces, construidas en 1934, estaban alimentadas por energía eléctrica. El aerofaro de Cranbrook se dejó de utilizar ya que el propósito de los nuevos aerofaros era la de hacer más pequeño el intervalo entre aerofaros y situarlos lo más próximo posible a la aerovía. El aerofaro de Merle señalizaba el punto de encuentro entre la aerovía y la línea de ferrocarril Redhill a Ashford. También indicaba el punto en que la aerovía alternativa, a través de Merstham, se unía con la aerovía principal.

El conjunto del sistema de iluminación de la aerovía Londres-Paris se termina en el invierno de 1935, en preparación para el tráfico aéreo de primavera. Durante el vuelo nocturno los pilotos tendrían a la vista al menos un aerofaro y en ocasiones serán visibles no menos de tres aerofaros. Dado su carácter, los aerofaros son difícilmente confundibles a una distancia de por lo menos 20 millas.

Parece probable que todos los aerofaros situados en el interior de Gran Bretaña fueron desmantelados, y retirados, al estallido de la II Guerra Mundial para no orientar al enemigo. Al término de la II Guerra Mundial las radioayudas y el radar, desarrollados durante la misma, hicieron innecesaria una nueva implantación de aerofaros.

Alemania. Parece ser que los aerofaros aparecen por primera vez en Alemania, donde se instaló un sistema de aerofaros para guiar en el aire a los zeplines. Se supone que al menos 14 aerofaros fueron construidos en el año 1914, pero no existen actualmente evidencias de su existencia.



Aerofaro Siemens-Schuckert. Max von Beyer-DeSimon, Berlín 1931.	Aerofaro Pintsch-Drehlinseleuchte. Max von Beyer-DeSimon, Berlín 1931.
---	--

El aerofaro con reflector de la firma Siemens-Schuckert, tipo DF, funcionaba mediante la rotación de lámpara-espejo. El movimiento de rotación se producía mediante un motor eléctrico normalmente trifásico situado en la parte inferior realizada en fundición de metal ligero. Disponía de dos lámparas, de 1.000 ó 3.000 vatios, la segunda lámpara se encendía mediante un dispositivo electromagnético automático cuando se fundía el filamento de la primera lámpara y la situaba en el foco del espejo giratorio.



Aerofaro de
Oberaussem. 1951

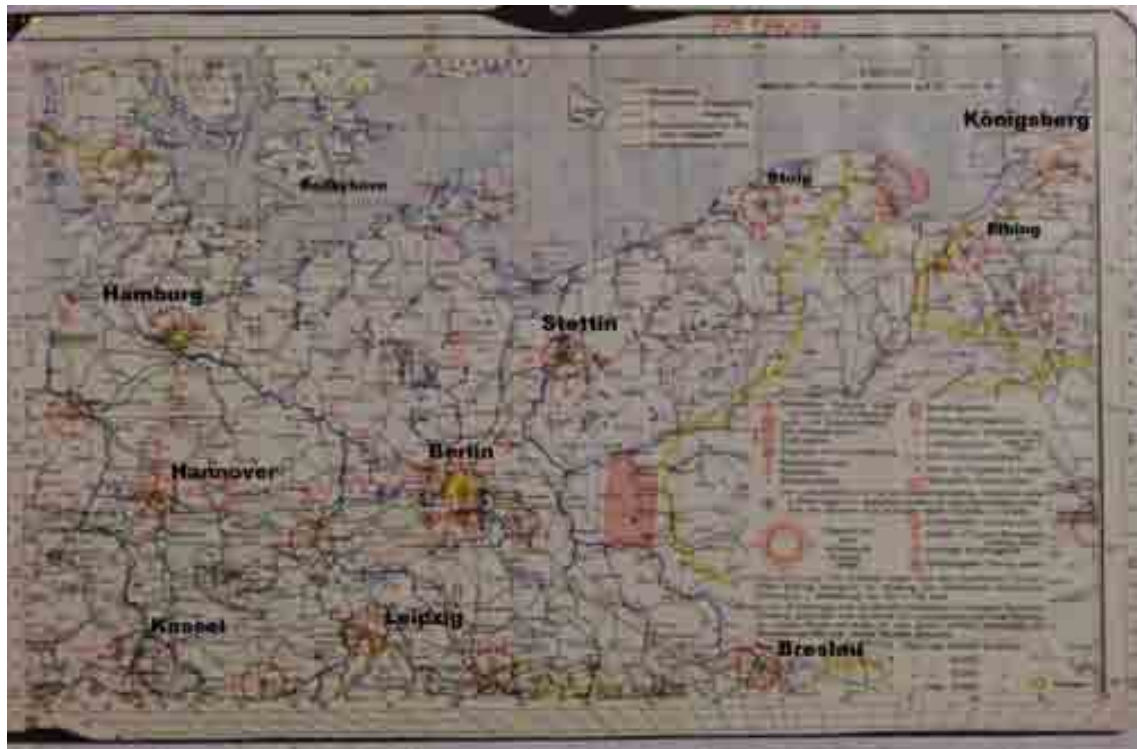


Aerofaro de la aerovía Berlin-
Hannover. Harold Martin, 1933.

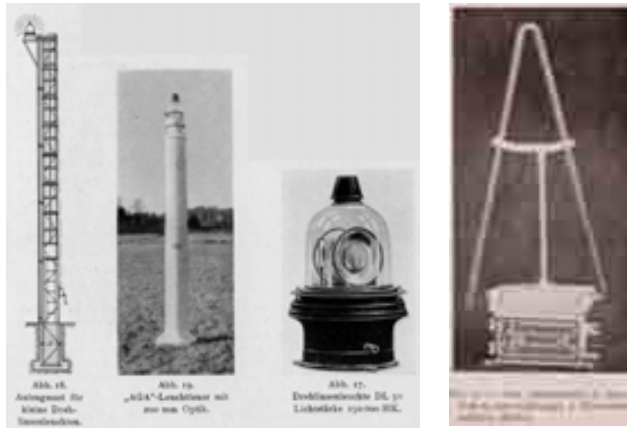


Publicidad del libro "Pintschfeuer". Herman Roeder. 1927

Los aerofaros de la firma Pintsch estaban formados por un proyector con lentes giratorias. Al usar lentes en dos direcciones la frecuencia de destello era más alta que con otras luces. El aerofaro más grande, DL 150, producía una intensidad de luz de 1,7 millones de candelas. Y el modelo intermedio, DL 115, proporcionaba 500.000 candelas. Ambos aerofaros disponían de un sistema automático de cambio de lámpara. Podían equiparse con una luz de tope blanca o coloreada, o con haces de luz indicadores de dirección.



Mapa de rutas aéreas nocturnas de Alemania anterior. Los aerofaros se señalan con puntos rojos. Anterior a 1939.



<p>Aerofaros, o luces, intermedios. Max von Beyer-DeSimon, Berlín 1931.</p>	<p>Luz intermedia de tubo de Neón. Década de 1930.</p>
---	--

Los aerofaros se ubicaron en mástiles formados por una estructura de acero en celosía o en torres de hormigón, similares a los faros marítimos, con una altura de 20 a 30 metros.

Las primeras aerovías para vuelos nocturnos disponían de aerofaros de ruta y aerofaros intermedios. Estos últimos eran útiles a cortas distancias y tenían una luz menos brillante. Se utilizaron de distintos tipos: luces rotatorias, luces de destellos y luces de neón. Sin embargo, las balizas intermedias resultaron ser menos ventajosas de lo que se suponía y después de algunos años fueron anuladas. Las aerovías abiertas posteriormente se construyeron con sólo aerofaros de ruta.



Aerofaro de Amager trasladado a Kastrup. Poul Broholm 2015



Aerofaro danés y su torre. John Foltman, 1946

Dinamarca. La ruta del correo aéreo nocturno de Copenhague a Alemania se abrió en 1931 con 5 aerofaros giratorios de la firma Pintsch, modelo DL 150, y en 1933 fueron añadidos otros tres. Los aerofaros fueron desmantelados en 1949. El aerofaro de Amager se trasladó cerca del aeropuerto de Kastrup y se utilizó hasta 1947 para vuelos visuales (VFR – Visual Flight Regulations). Fue rescatado por Poul Broholm y sus amigos e instalado en la terminal TL en Kastrup donde se puede ver hoy en día.

En 1920 el transporte aéreo desde Suecia y Finlandia a Europa fue dotado de hidroaviones y probado por varias rutas alternativas. En la década de 1930 se construyeron rutas de vuelo nocturnas para aeroplanos: Estocolmo – Jonköping, Malmö - Kopenhague, Gotemburgo, Malmö, Helsinki-Aland-Estocolmo.

Finlandia. Era común utilizar torres de hormigón para los aerofaros. Actualmente sólo se conservan tres de estas torres, sin los aerofaros: Aerofaro de Kumlinge, Aerofaro de Perkala, Aerofaro de Artukaino en Turku.



Aerofaro de Kumlinge. Clas Ake Hermansson.



Aerofaro de Perkala, construido en 1935-1937. Jyrki Maikola.



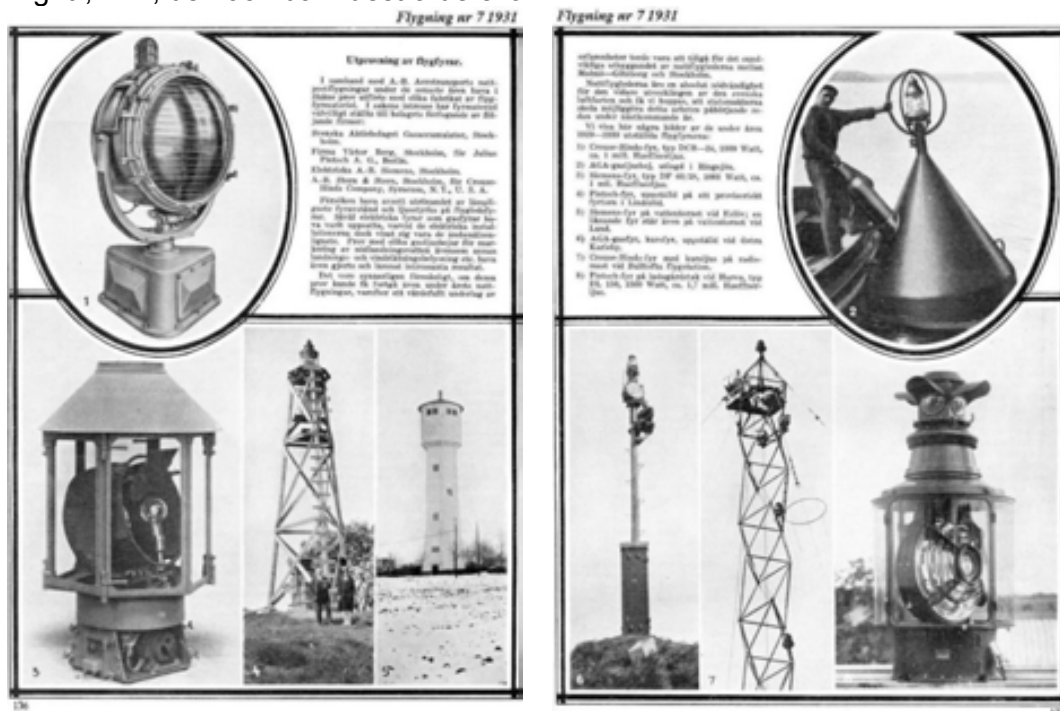
Aerofaro de Artukainen. Tpsumato.

También se conserva el aerofaro situado en la torre de la iglesia de Suomelinna (Helsinki) cuyo proyector dispone, de una lente Fresnel especial con proyección de luz por encima del horizonte y una lámpara de 1.500 W de 450.000 candelas cuya luz es visible a unos 66 km.



Aerofaro en la torre de la iglesia Suomelinna (Helsinki). Fotos Bo Ju. 2012.

Suecia. Diferentes aerofaros fueron probados en Suecia a lo largo de la aerovía de Hässlholm a Malmö, durante el período de 1929 a 1930. Un artículo de la revista "Flight", nº 7, de 1931 da muestra de ello.



En las figuras adjuntas se muestran dos páginas de la citada revista. En la primera página: 1.- Faro Crouse-Hinds, Tipo DCB-24, 1000 W, 1 millón de candelas. Faro Crouse-Hinds, Tipo DCB-24, 1000 W, 1 millón de candelas. 3.- Siemens type DF60 / 28, 1000 W, 1 Mill. candelas. 4.-Pintsch, en una torre provisional en Linderödsåsen. 5.- Siemens, en un viejo depósito de agua en Eslöv. En la segunda página: 2.- Boya AGA, con lámpara de gas, Lake Ringsjön. 6.- Aerofaro direccional AGA, con lámpara de gas. 7.- Aerofaro rotatorio Crouse Hinds en mástil de una antena en Bullofta. 8.- Aerofaro Pintsch DL 150, 1500 W, 1.7 mill. de candelas.



Aerofaro de Norrtälje y su instalación. Foto Mellberg Justusson. A la derecha aerofaro de Norrköping reubicado. Foto Magnus Bark.

En Suecia se han conservado varios aerofaros, mástiles y torres. El aerofaro más notable que perdura es el de Norrtälje, al norte de Estocolmo, y que ha sido renovado. Ahora luce de vez en cuando. También sufrió una renovación, y reubicación, el aerofaro de Norrköping, hoy en desuso.



*Äldre 426 Fotoarvt: Lars Andersson
Flygfyr placerad i lilla byn nära
örden "Stormarks" Tid -
Läge 200 m NO om S.S. 800 och L.L. Den vägrade även när man åg
på Nord i oktober för luftfartygens utövning*

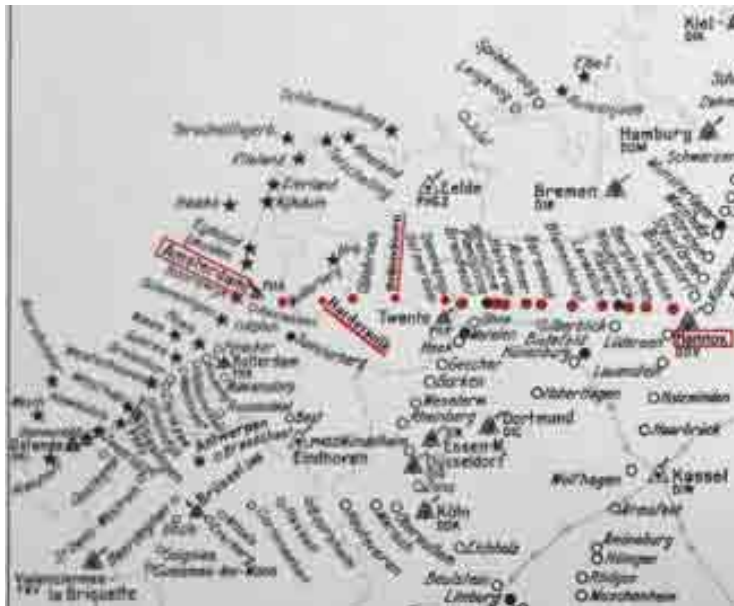


Aerofaro de Torslanda. 1943. Estado actual.2008

Aerofaro de Skagsudde Foto
Esbjörn Hillberg.2012.



Suecia Finlandia Dinamarca - Ruta Stockholm-Mariehamn-Abo-Helsinki. Los asteriscos señalan la posición de los aerofaros. 1944



Aerovías iluminadas en los Países Bajos. Década 1930.

Países Bajos (Holanda).

En abril de 1930, se instalan, en los Países Bajos, cinco aerofaros en la aerovía Schiphol - Hannover con unas separaciones entre 21 a 36 km, según describió P. van Braam van Vloten en su artículo "Balizaje de Luftverkehrstrekken" en el "Primer Congreso Internacional de Seguridad de la Aviación", París 1930. En el artículo aparecía una foto del aerofaro de Hellenendoorn, pero sin ninguna otra evidencia geográfica.



Linterna del aerofaro Pin-tischer de Hellenendoorn. 1930.



Aerofaro de Hellenendoorn. Torre celosía de acero de 17 m de alto. 1930



Aerofaro de Harderwijk de 1929. 2011

España. No existe documentación gráfica, ni técnica, de los aerofaros de ruta utilizados en las dos aerovías iluminadas en España.



Convocatoria concurso público instalación de aerofaro en Talavera de la Reina. 1947

Existen documentos de convocatoria de concurso público, en 1947, para la ejecución de obras de instalación de aerofaros.

La administración aeronáutica española, en 1935, señaló de forma permanente las rutas Madrid-Sevilla y Madrid-Lisboa, con una línea de aerofaros que permitió a los pilotos un primitivo guiado nocturno,

similar al que se venía utilizando en las ruta transcontinental norteamericana. No han perdurado en el tiempo los aerofaros de ruta instalados en España.



Aerofaro aeródromo de la Base Aérea de Getafe. Madrid.



Convocatorias concurso público instalación de aerofaros de Jaraciejos (Cáceres) y Molina de Aragón (Guadalajara). 1947



Aerofaros españoles en 1935 - Rutas Lisboa-Madrid-Barcelona y Madrid-Sevilla.

Faros aeronáuticos de aeródromo y helipuerto actuales en España.

Como dignos sucesores de los antiguos aerofaros de iluminación de aerovías perviven en la actualidad los faros de aeródromo y faros de helipuerto. Son unas de las ayudas visuales luminosas más desconocidas aun cuando están normalizados por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).



Aerofaro del Aeropuerto Internacional de HUNTSVILLE-Alabama. EEUU. 2015.

En España existen unos 12 aerofaros de identificación de aeródromo y cuatro de helipuerto. Se trata de faros de identificación, visibles en todos los azimutes, que emiten un haz de luz de destellos con un indicativo Morse que permite su identificación. En aeródromos su luz de destellos puede ser blanca o alternada blanca y verde. La frecuencia de los destellos estará comprendida entre 20 y 30 destellos por minuto. La intensidad efectiva de los destellos no deberá ser inferior a 2.000 cd. Para helipuertos la luz será de destellos blancos en series repetidas de corta duración a intervalos iguales con un formato preestablecido. La distribución de la intensidad efectiva de los destellos estará ajustada a los valores normalizados. Se puede disponer de un control de brillo con reglajes de 10% y 3%. Estos faros son similares a los faros marítimos de recalada, de ahí que en ocasiones se los cite con este nombre. La Federal Aviation Administration (FAA) de los EEUU en su Advisory Circular AC 150/5345-12F proporciona las especificaciones para los aerofaros utilizados

para localizar e identificar los aeropuertos civiles, militares, hidro-aeropuertos y helipuertos (incluyendo los offshore). Los aeropuertos y helipuertos que actualmente disponen de faros de identificación son:

Aeropuerto	Helipuertos	ABN
	Algeciras	-----
Badajoz – Talavera la Real *		ALTN FLG W EV 8 s.
Cádiz – Rota *		ALTN FLG W/G EV 9 s.
	Ceuta	-----
	Ciudad Real - Almagro	-----
Córdoba		ALTN FLG W/G EV 5 s.
Granada – Armilla *		ALTN W/O/B EV 9 s.
La Palma		ALTN FLG W/G EV 5 s.
León *		ALTN FLG W/G EV 4 s.
Madrid – Cuatro Vientos *		-----
Madrid – Torrejón *		ALTN FLG W/G EV 1 s.
	Melilla	-----
Murcia – San Javier *		ALTN FLG W/G EV 5 s.
Salamanca – Matacán *		ALTN FLG W/G EV 6 s.
Sevilla – Morón *		ALTN FLG W(2)/G(1) EV 5 s.
Zaragoza *		ALTN FLG W/G EV 8 s.

* Uso conjunto civil y militar. ABN.- faro de aeródromo; IBN.- faro de identificación; O/R.- a solicitud; ALTN.- alternante (cambio de color); FLG.- destellos; W.- blanco; EV.- cada. (Ejemplo - ABN: ALTN FLG W/G EV 9s. HN: Faro de aeródromo luz alternante de destellos blancos y verdes cada 9 segundos, desde la puesta hasta la salida del sol).

Dentro de la categoría de los aerofaros de identificación, o recalada, se han de incluir también los instalados en buques que disponen de cubiertas para aterrizaje de aeronaves: aviones y/o helicópteros, tales como portaviones, fragatas, etc. Así mismo, disponen de este tipo de ayuda visual luminosa las plataformas offshore (estructuras sobre la superficie del mar a cierta distancia de la costa) con helipuertos.

Faros aeromarítimos en España.

El faro aeromarítimo es un faro marítimo al que se le dota de una serie de lentes complementarias, normalmente en la parte inferior de la lente Fresnel, que envían un haz de luz por encima del horizonte. Por consiguiente, se reproducen los mismos destellos del haz principal del faro marítimo, con lo que se dota de un código de identificación. Estos faros aeromarítimos se constituyeron, en la mayoría de los casos, durante las remodelaciones de los antiguos faros marítimos, durante las que se instalaron nuevas linternas aeromarítimas. Surgieron a raíz de los



Lente supletoria aerofaro marítimo. Faro de la Isleta (Las Palmas). 2015.

vuelos nocturnos por zonas costeras. En los países nórdicos fueron muy utilizados para completar las rutas con aerofaros en los saltos a través de sus costas. De los 187 faros existentes en España, sólo 25 son aeromarítimos. Se relacionan en la tabla siguiente, por orden alfabético de la autoridad portuaria de la que dependen (entre paréntesis), indicando el año de su construcción (reconstrucción) y en el que comenzaron a lucir como tales faros aeromarítimos.

FARO	Construcción / Aeromarítimo
Cabo de la Nao (Alicante)	1928 / 1970
San Juan (Avilés)	1863 / 1957
Cabo de Vídio (Avilés)	1950 / 1950
Cabo de Busto (Avilés)	1858 / 1962
Isla de Tapia (Aviles)	1859 / 1962
Calafiguera (Baleares)	1860 / 1960
Isla del Aire (Baleares)	1860 / 1954
Calella (Barcelona)	1859 / 1954
Cabo de Creus (Barcelona)	1853 / 1951
Cabo de San Sebastián (Barcelona)	1857 / 1966
Llobregat (Barcelona)	1852 / 1956
Cabo de Trafalgar (Cadiz)	1862 / 1936
Cabo Vilano (Coruña)	1896 / 1962
Cabo Estaca de Bares (Ferrol)	1850 / 1963
Cabo Sacratif (Granada)	1863 / 1956
Málaga puerto (La Farola) (Málaga)	1817 / 1954
Calaburras (Málaga)	1863 / 1928
Punta de la Docella (Málaga)	1863 / 1958
Jandia (Las Palmas)	1864 / 1956
La Entallada (Las Palmas)	1954 / 1954
La Isleta (Las Palmas)	1865 / 1967
Chipiona (Sevilla)	1867 / 1964
Cabo de Salou (Tarragona)	1858 / 1954
Cullera (Valencia)	1858 / 1960
Cabo Silleiro (Pontevedra)	1925 / 1955

CONCLUSIONES.

El desarrollo de los aerofaros de identificación de aeródromos y helipuertos sigue pautas similares a las de otros sistemas de iluminación en cuanto a las aplicaciones tecnológicas de nuevas fuentes de luz. La introducción de los leds en este tipo de alumbrado permitirá en un futuro no muy lejano introducir los sistemas avanzados de comunicaciones VLC (Visual Light Communication), que hoy en día están en la fase de desarrollo.



a) Lámpara LED para faro marítimo. 2017. **B)** Moderno faro de identificación de aeródromo con leds. Aeropuerto de Hamburgo – Alemania. 2017.

El desarrollo de nuevas luminarias y fuentes de luz en las guías visuales luminosas ha llevado al estudio de nuevos proyectores láser con haces de luz visibles por el ojo humano. Un ejemplo de ello es el sistema Long Range Laser Lineup System de guiado azimutal de aproximación aérea a los portaviones, implementado por la Navy. Podría ser utilizada esta tecnología en la mejora de los futuros aerofaros de aeródromos ya que no sólo es capaz de producir destellos de alta frecuencia sino también de generar superficies luminosas estables o variables con el tiempo.



Sistema de guiado Láser. LRLS. **a)** Unidad con 10 láser. **b)** Recreación de la visualización de un LRLS.

La Navegación Estelar, similar a la Navegación Astronómica empleada por los navegantes marinos de todo el mundo, será utilizada en los futuros vuelos estelares. Las estrellas se emplearán como faros, su luz se aprovechará para el guiado y posicionamiento de las naves espaciales. Este es el nuevo desarrollo del sistema StarTracker o rastreador de estrellas. Es un dispositivo óptico que mide la posición de las estrellas utilizando cámaras especiales de captación de imágenes. La astronomía ha logrado obtener, con una elevada precisión, la posición relativa y respecto de la Tierra de una infinidad de estrellas. Utilizando un sistema rastreador en una nave espacial se puede determinar la orientación o actitud de la



Sistema Star Tracker. HYDRA. 2012

La Navegación Estelar, similar a la Navegación Astronómica empleada por los navegantes marinos de todo el mundo, será utilizada en los futuros vuelos estelares. Las estrellas se emplearán como faros, su luz se aprovechará para el guiado y posicionamiento de las naves espaciales. Este es el nuevo desarrollo del sistema StarTracker o rastreador de estrellas. Es un dispositivo óptico que mide la posición de las estrellas utilizando cámaras especiales de captación de imágenes. La astronomía ha logrado obtener, con una elevada precisión, la posición relativa y respecto de la Tierra de una infinidad de estrellas. Utilizando un sistema rastreador en una nave espacial se puede determinar la orientación o actitud de la

misma con respecto de las estrellas y por tanto de la Tierra. El sistema dispone de unas cámaras especiales para obtener una imagen de las estrellas, medir su posición aparente respecto a la referencia de la nave espacial, e identificar las estrellas de forma que la posición de las mismas pueda ser comparada con su posición absoluta compendiada en un catálogo de estrellas.

BIBLIOGRAFÍA.

Normativa.

Anexo 14 – Vol I – Aeródromos. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
Anexo 14 – Vol II – Helipuertos. Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).
Specification for Airport and Heliport Beacons. AC 150/5345-12. Federal Aviation Administration (FAA). U.S. Department of Transportation.

Estados Unidos de Norteamérica.

FAA Historical Chronology, 1926-1996. Federal Aviation Administration. www.faa.gov
Mavericks of The Sky. Barry Rosenberg & Catherine Macaulay. HarperCollins: New York, 2006, New York Times, May 18, 1918.
Air Marking. U.S: Department of Commerce. Civil Aeronautics Administration. 1945.
Domestic Air News, No. 49, (Washington, D.C.: GPO, March 30, 1929).
Aviation Lenses. Tag, Thomas. United States Lighthouses Society. www.uslhs.org
Airways Lighting. D.C. Young. Paper to be presented before the Silver Anniversary of The Illuminating Engineering Society, Pittsburgh: October 13-16, 1931
Air Commerce Bulletin, Vol. 1, No. 8, Washington, D.C.: GPO, October 15, 1929.
Air Commerce Bulletin, Vol. 2, No. 2, Washington, D.C.: GPO, July 15, 1930.
Air Commerce Bulletin, Vol. 4, No. 9, Washington, D.C.: GPO, November 1, 1932.
Air Commerce Bulletin, Vol. 5, No. 10, Washington, D.C.: GPO, April 15, 1934.
Air Commerce Bulletin, Vol. 6, No.1, Washington, D.C.:GPO, July 15, 1934.
Air Commerce Bulletin, Vol. 6, No.4, Washington, D.C.:GPO, October 15, 1934.
Airways of America. A.K. Lobeck. The Geographical Press, Columbia University, New York, 1933.
Wind-Driven Generators for Beacons. S.R. Winters. Aero Digest: New York, November, 1929.
The Federal Airways System, Intermediate Fields. William P. Jackson. Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc., 1970.
Intermediate Fields. F.C. Hingsburg. Aviation, March 15, 1930.

Europa.

Beaulieu Airfield Pundit Code. New Forest Remembers. www.newforestheritage.org
Airfield Pundit Codes. RAF. Lincolnshire. www.RAF-Lincolnshire.info.
Britain's Military Airfields 1939–45. Smith, David J. 1989. ISBN 1-85260-038-1.
RAF Bomber airfields of World War 2. Falconer, Jonathan. 1993. ISBN 0-7110-2080-9.
Pundit lights. Frost, Chris. www.Schweboo.com.
Flying Control in the Royal Air Force. RAF. August 1944. RAF AP3024.
Landmark Beacon Site. Airfield Information Exchange. 22 September 2008.
Pundit Light Trailer. Airfield Information Exchange. 25 June 2009.
Our Vehicles. Norfolk & Suffolk Aviation Museum.
Aerial Lighthouses. Mr Mycetes. www.mycetes.co.uk
Das Leuchtfeuerwesen für den Luftverkehr. Von Regierungsbaumeister ADF Nickel, Berlin, in Zentralblatt der Bau-verwaltung, no. 52, 9 Dez. 1931 S.765-768.
Aircraft between Breitling and the Baltic Sea Dr. Koos.
Air Light Beacons in Sweden, Finland, Denmark - in 1930s. Justusson, Bo. www.justu2.se.
100 Años de Aviación Militar Española. Aeroplano. 2011.
Faros y Señales de Niebla. Instituto Hidrográfico de la Marina. 2012.
La Aeronáutica Española de 1898 a 1936. Utrilla Navarro. II Simposio Ciencia y Técnica en España de 1898 a 1945: Cabrera, Cajal, Torres Quevedo. 2000.