



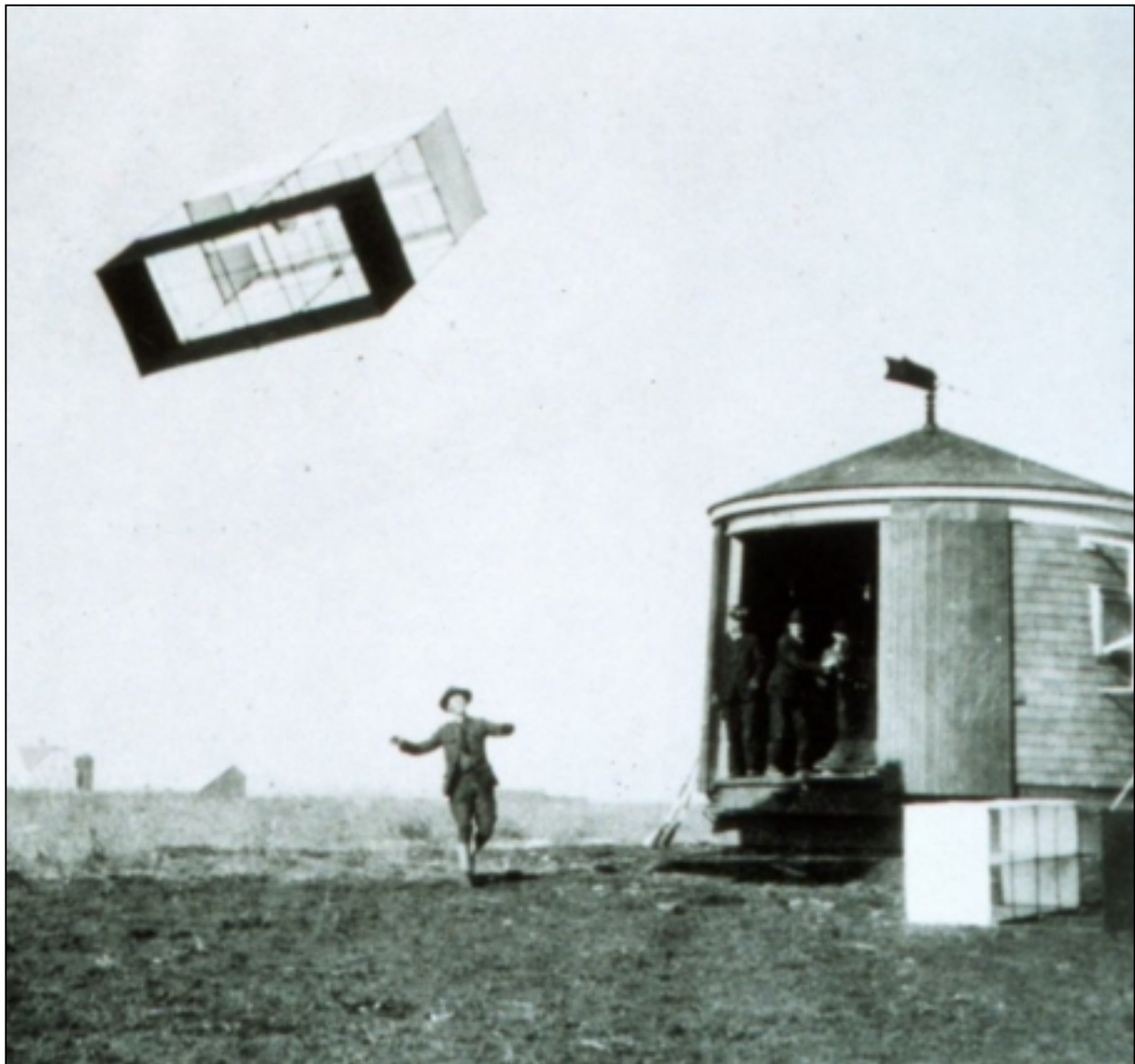
# Al Final del Hilo

Boletín de Historia de la Cometa

Dirigido por Juan Miguel Suay Belenguer

Número 2

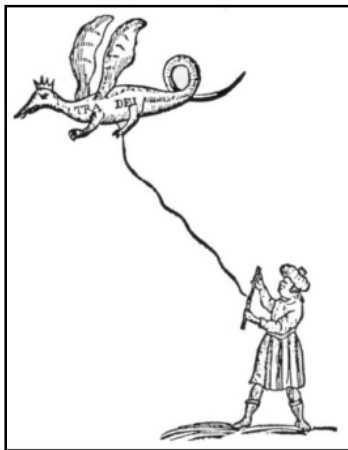
Septiembre 2000



## Cometas Meteorológicas

## Índice:

Editorial	1
La Mitología de los vientos por Richard Cruz (Waira)	2
Sondeos de la atmósfera con globos y cometas a principios del siglo XX por Juan Miguel Suay Belenguer	5
Tres cometas meteorológicas usadas en el observatorio alemán de Lindenberg por Walter Diem y Werner Schmidt	36



### **Al Final del Hilo** **Boletín de Historia de la cometa**

#### **Dirección:**

Juan Miguel Suay Belenguer

#### **Colaboradores**

Richard Cruz (Waira)

Manfred Oberlis

#### **Redacción:**

c/General Lacy 13  
03003 - Alicante (España)  
jm\_suay@inves.es

## Portada



Sondeo con cometa en una estación aerológica  
en EE.UU., en 1900

## Editorial

"Hay palabras que suben como el humo, y otras que caen como la lluvia."

**Marie de Rabutin Chantal** (1626-1696), escritora francesa.

"Al Final del Hilo" se viste de gala al presentar este segundo número, no solo por el contenido sino por el número de páginas que posee.

Desde que me entro el gusanillo de dedicarme a la investigación del pasado de las cometas, uno de los usos que más me fascinó, es el empleo de las cometas en investigaciones científicas. Pensar que este simple objeto, tantas veces tachado de juguete, fuera capaz de ser utilizado como instrumento de investigación, es francamente interesante.

El primer artículo trata de la mitología de los vientos, es una simple pincelada, que a modo de introducción, presenta desde el punto de vista de los mitos, el elemento motor de las cometas y a la vez objeto de estudio por la meteorología. El autor, **Richard Cruz (Waira)** es un conocido cometero colombiano que con sus escritos y acciones, busca la paz en el vuelo de una cometa.

El segundo artículo, es el fruto de una investigación de textos de principio de siglo, que trataban del uso de las cometas en meteorología. Este artículo no hubiera sido posible, sin la colaboración del meteorólogo catalán, **Joan Arús**, que tuvo la amabilidad de buscarme textos anteriores a 1950, que trataban de sondeos con globos y cometas. También he de agradecer a la biblioteca del *Instituto Nacional de Meteorología* de Madrid, que tuvo la amabilidad de mandarme todo el material que sobre cometas tenían en su fondo bibliográfico, y donarme un interesante libro sobre la historia de la meteorología en España.

El último artículo, es la traducción, de los capítulos que tratan sobre la construcción de cometas meteorológicas del libro "*Drachen mit Geschichte*", escrito por **Walter Diem** y **Werner Schmidt**. Esta traducción ha sido llevada a cabo por el amigo, **Manfred Oberlis** del club *Barriletes a Toda Costa (BaToCo)* de Buenos Aires (Argentina).

Espero que los temas planteados sean de interés para el lector, ya que la mayoría de lo publicado es inédito en castellano.

**Juan Miguel Suay Belenguer**

# La mitología de los vientos

Richard Cruz (Waira)

## Mitología clásica griega

Los cuatro vientos principales, Norte, Este, Oeste y Sur, en la mitología griega, tienen su origen en la unión del titán **Astreo** y la aurora **Eos**, que a su vez son los padres de todos los demás vientos. Su dominio abarca todo el Mediterráneo.

**Eolo** era el rey de los vientos, su hogar era la fabulosa *isla de Eolia*, su derecho lo obtuvo por ser un fiel tributario de sacrificios y alabanzas a los dioses. Cayó en desgracia por culpa de **Alcione**, que era una de sus hijas, que por orgullo, cambió una ofrenda de su padre hacia los dioses, para sí misma.

Los vientos principales tenían las siguientes cualidades:

**Bóreas** o **Aguilón**, viento violento del norte, raptor de doncellas.

**Céfiro**, viento del oeste, es el amable y perfumado; junto con su esposa **Cloris**, trae la primavera y su hijo es el Arco Iris. Juntos calman a **Bóreas**.

**Notos**, viento del sur, es el indeciso.

**Ros**, viento del este, el cruzado, el que curvaba los rayos del sol.

Las **Brisas**, son hijas de **Bóreas** y las yeguas celestes.

## Oriente, Oceanía y América

### Babilonia y Persia

Entre el equilibrio del bien y del mal, los vientos eran dualidades. **AH \_ DAD**, dios de los vientos, montaba un toro; llevaba truenos y rayos, que son su mirada y voz. Posee dos personalidades y caras, una de tormenta y otra de brisa primaveral.

### China y Japón

**FEI LIN**, era el dragón custodio de los vientos en China; llevaba los mensajes de los

mortales a los espíritus de la naturaleza para traer las lluvias, pero también castigaba con sequías. En Japón existen dos deidades, una perteneciente a las tierras altas y la otra es marina. *HAGA JI*, es el de los torbellinos y trombas marinas. *SHINA \_ TSU \_ KIKO*, dios principal de los vientos, que habita en las montañas y bendice los valles.

## Oceanía

En Australia, entre sus aborígenes, al igual que en la Polinesia, existe el viento ciclónico conocido como *WANDJINA*, que en conjunto con *BARA*, viento del noroeste, traen las lluvias a las regiones secas del continente; además trae los espíritus de los niños que nacerán.

## América

Existen particularmente tres identidades muy definidas; *GA \_ OH*, gigante creador de los vientos, que en su manifestación femenina, trae la primavera y tiene como nombre "soplo de viento"; es propio de las culturas del centro y norte de América, como ejemplo los *Iroqueses*.

En Centro América, están los *BACAHS*, son de origen Maya; su función principal es sostener las esquinas del mundo, sus alientos crean los demás vientos y las estaciones. Dominan los cuatro puntos cardinales.

En Sur América, sobresale *WAI RA*, de la cultura Inca, propiamente de la Alta Bolivia (zona de los Andes centrales). Es un espíritu infantil que en su buen y mal genio, ocasiona los fenómenos de la Niña y el Niño, en el Pacífico.

La creencia popular, dice que cuando haya viento propicio, no se puede silbar, pues cesa o cambia de dirección. (Muy difundido entre los marinos).

El *Albatros* es una ave sagrada, que simboliza los vientos térmicos y los oceánicos.

Los *Gallinazos* o *Zopilotes*, son considerados, aves mensajeras de los buenos vientos y cuando vuelan cerca de una cometa, son prueba de su aprobación en la calidad de la misma.

Los Esquimales, dicen que fue un niño muñeco, hecho de madera, quien trajo los vientos al mundo de la Tierra, desde el mundo de los cielos.

Los vientos, en la mitología popular, han sido considerados buenos y malos, este grado de beatitud o malignidad, tiene una explicación científica, en la cantidad y clase de

iones que transporta. Esto es, vientos malignos, son aquellos que tienen *cationes* en exceso (iones positivos), los mas estudiados son los vientos de Santa Ana, San Francisco (EE.UU.). Su característica es que son pesados, secos y calurosos; afectan a 1 de cada 4 personas que los reciben.

Los benignos, nacen cerca de fuentes de agua o pasan sobre ellas, tienen *aniones* (iones negativos) son considerados saludables.

Para los Australianos los buenos vientos, los astutos, son llamados *CUCHI*, o *JAN JAI*; en el Mediterráneo se les dice *BIENVENITO*. En Hawaii y Polinesia se les llama *KAPIAULA* y en Grecia *AURAS*.



## Sondeos de la atmósfera con globos y cometas a principios del siglo XX.

Juan Miguel Suay Belenguer  
Ingeniero Superior Industrial  
jm\_suay@inves.es

### Introducción

Los primeros estudios metódicos de la atmósfera datan del siglo XVIII, que es cuando se comienza a medir con instrumentos los parámetros de la misma. Entonces se ve la necesidad de sistematizar y recopilar estos datos para su aplicación, en diferentes ramas del saber, que en un principio no fueron otras que la medicina, la agricultura y la Náutica. Si bien estas observaciones se limitan a la toma de los parámetros básicos de la atmósfera: presión, temperatura, humedad relativa, etc., será la base para la organización de los servicios meteorológicos en el mundo, como organismos encargados de la edición y estudio de estos datos tomados en estaciones repartidas por el territorio y así proceder al pronóstico del tiempo.

No será hasta finales de dicho siglo XIX y principios del XX, cuando surgen las llamadas **Estaciones Aerológicas** en todo el mundo, iniciándose y generalizándose las mediciones de los parámetros atmosféricos a diferentes alturas con ayuda de instrumentos, que son llevados por medio de globos y cometas. Su fin era el estudio de las capas bajas y medias de la atmósfera para trazar a diversas alturas las *cartas sinópticas*<sup>1</sup>, necesarias para predecir el tiempo en dichas zonas, a los ya por entonces pilotos de globos libres, dirigibles y de los primitivos aviones

Los sondeos se hacían, dependiendo del grado de estudio deseado, con ayuda de globos y cometas.

Los sondeos con globos se realizaban con:

**Globos pilotos:** Es el método más simple de estudio aerológico y se usaba cuando se quería medir la velocidad y dirección del viento a diferentes alturas. Su nombre proviene de la costumbre de lanzar un globo pequeño a la atmósfera antes del lanzamiento de un globo tripulado para estimar la dirección del viento.

**Globos sondas:** Globo libre no tripulado que transportaba un aparato (meteorógrafo) que registra continuamente las variaciones de la presión, temperatura y humedad

---

<sup>1</sup> Mapas que contienen los datos análogos o simultáneos a diversas alturas.

relativa conforme se elevaba el globo, observaciones desde tierra, permitían calcular la velocidad y dirección del viento a diferentes altitudes. Al llegar a una determinada altura la disminución de presión hacía explotar el globo y el meteorógrafo caía, teniendo que ser localizado con posterioridad para obtener los registros. Se empleaban para los sondeos dos globos unidos, de manera que al estallar uno de ellos, el otro sirviera, al permanecer hinchado, de paracaídas del meteorógrafo.

Este método de sondeo ha perdurado hasta hoy en día, con los lógicos adelantos tecnológicos (radiosondas).

**Globo - Cometa y Globos libres:** Estos globos eran empleados en los Servicios de Aerostación Militar con el propósito de realizar observaciones de los campos de batalla, en algunos de los vuelos de entrenamiento se llevaban meteorógrafos con el fin de realizar observaciones.

Como alternativa o complemento a estas observaciones con globos se empleaban cometas.

*"Las ventajas que según Mr. Rotch tienen las cometas sobre los globos sondas para el estudio de las capas bajas y medias del aire son:*

- 1. Economía de gastos de instalación y experimentación.*
- 2. Seguridad en la altura a que se verifican las observaciones.*
- 3. Perfecta ventilación de los meteorógrafos empleados.*

*El único inconveniente que tiene el sistema, es el de exigir el concurso del viento, lo cual hace preciso su complemento de globos cometas cautivos, para días de calma"*<sup>2</sup>

El primer país en reconocer el potencial de las cometas en la investigación de la atmósfera fue Estados Unidos, en concreto en el Observatorio de Blue Hill (Massachusetts). A finales del siglo XIX, coincidiendo con la aparición de las cometas de tipo celular, su por entonces director **A. Lawrence Rotch**<sup>3</sup>, fija las bases y sistemática de la observación con ayuda de cometas. El 4 de agosto de 1894 consiguió elevar a 430 m un termógrafo, siguió a esta primera experiencia un continuo estudio

---

<sup>2</sup> **Francisco de P. Rojas**, *Aplicación de las Cometas a la Meteorología*, Imprenta del Memorial de Ingenieros Madrid 1919, pp. 7- 8.

<sup>3</sup> **A. Lawrence Rotch**, *Exploration of the air by means of kites*, Anales del Observatorio Astronómico del Colegio de Harvard vol. XLI I parte I Cambridge University Press 1897.

para perfeccionar tanto los instrumentos registradores y los tipos de cometas, consiguiendo, en 1900, elevar un meteorógrafo a la considerable altura de 7000 m.

Rápidamente el uso de las cometas en observaciones meteorológicas se extiende por otros países como Francia, en el Observatorio de Trappes, en Alemania, en el Observatorio Marítimo de Hamburgo y el Observatorio de Lindenberg y otros observatorios nacionales.

El 1 de agosto de 1919, en el Observatorio de Lindenberg, se elevó un tren de ocho cometas meteorológicas tipo "*Schirmkastendrachen*"<sup>4</sup>. Después de 18 horas de elevación y 15 Km. de cuerda de piano, como hilo, alcanzó los 9740 m. de altitud, récord que ha permanecido imbatible hasta ahora.

En España, lamentablemente, los estudios aerológicos con sondeos no empezaron a realizarse hasta la primera década del siglo XX, y la falta de presupuesto obligó a prescindir del uso de las cometas y dedicando su actividad tan solo al lanzamiento diario de globos pilotos en las estaciones aerológicas y globos sonda en los días internacionales.

Dado que se necesitaba llegar a mayores alturas, y el peligro de que se produjeran descargas eléctricas a través de los hilos, la aparición de los primeros aviones y la mejora de los Globos Sonda, hicieron que las cometas entraran en desuso. Se dejaron de utilizar en la década de los treinta del siglo XX.

Por su interés histórico, desarrollaré a lo largo del artículo, como se realizaban los sondeos con globos pilotos y cometas en las diferentes estaciones aerológicas del mundo, según se describe en los libros y publicaciones científicas de la época.

## Globos pilotos

*"Para la determinar la dirección y velocidad del viento a varias alturas sobre el suelo, se emplea el método de los lanzamientos de "globos pilotos", llamados así, porque cuando se empezaron a efectuar ascensiones en globos libres, por precaución se lanzaba primero un globito y se observaba el rumbo que tomaba"*<sup>5</sup>

Los globos pilotos eran de goma, se llenaban de hidrogeno y se soltaban sin llevar nada suspendido. El principio fundamental en que se basaba este tipo de observación, era

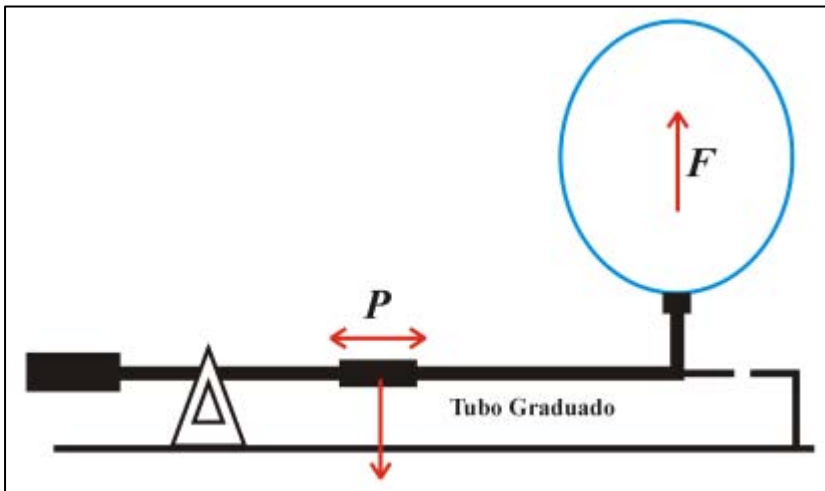
---

<sup>4</sup> Cometa de Paraguas. Llamada así por el sistema de varillas de tensado, similar al de un paraguas.

<sup>5</sup> Pío Pita y José María Lorente, *Meteorología Aeronáutica*, Madrid 1942, p. 66.

que la *velocidad ascensional* del globo es prácticamente constante, dependiendo del peso del globo y de la *fuerza ascensional* o peso que podría levantar a la salida.

Este principio, se explica, porque la pérdida de fuerza ascensional que el globo experimenta por la disminución de la densidad del aire que lo rodea, se compensa con el aumento del volumen del globo al disminuir la presión atmosférica exterior, hasta que el globo estalla, cuando la fuerza de dilatación del gas contenido en el globo supera la elasticidad de la goma.



Para calibrar la fuerza ascensional  $F$  de un globo este se llenaba en una "balanza de brazos desiguales. Uno de ellos era un tubo graduado a lo largo del cual corre una pesa  $P$  que se coloca en la división conveniente para que cuando la fuerza ascensional sea la deseada, el tubo este horizontal"<sup>6</sup>

#### Balanza para lastrar Globos Pilotos

Una vez se lanzaba el globo, se seguía con ayuda de un teodolito, que es un instrumento provisto de un anteojo o telescopio, que gira sobre un eje horizontal para determinar el ángulo de altura sobre el horizonte. Gira también sobre un ángulo vertical, para la determinación del ángulo de acimut o ángulo respecto a la dirección Norte - Sur.



Teodolito

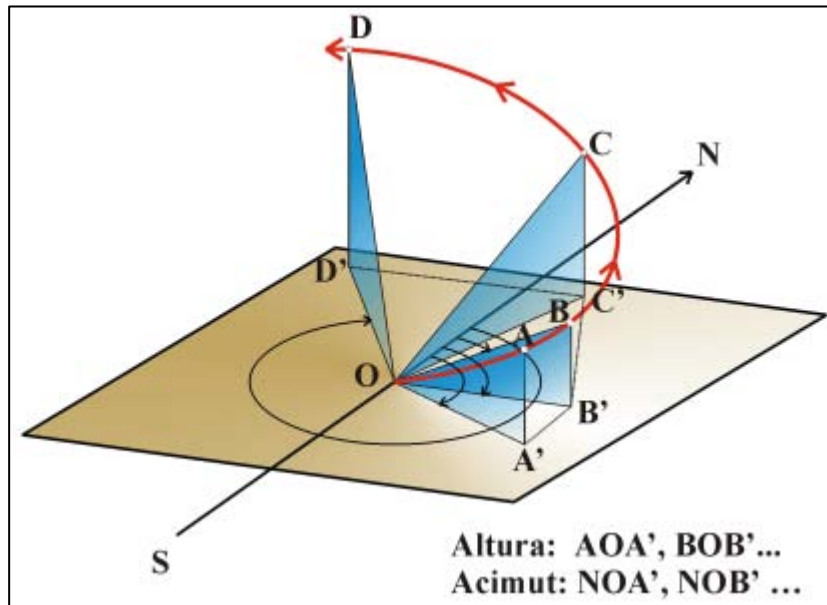
Las lecturas de la altura y el acimut:

*"... se hacían en periodos de cien segundos, excepto las dos primeras que se hacían cada cincuenta para observar mejor los cambios de viento cerca de tierra. Para hacer más sencilla la cuenta de cien en cien segundos, el reloj de la estación aerológica se había modificado de forma que la aguja de los segundos diese una vuelta cada cincuenta y la de los minutos cada tres mil. El reloj no tenía aguja horaria y estaba dividido en treinta divisiones principales*

<sup>6</sup> José María Lorente, *Crónica de un Viaje de Estudios (1ª parte)*, Anales de la Sociedad de Meteorología, septiembre - octubre 1927. vol. I nº 5, p.144.

que representaban centenas de segundo."<sup>7</sup>

Supuesta la velocidad ascensional constante, si al cabo de 100 s. el globo se encuentra en A, (ver figura) al cabo de 200 s. se encontrará en B, cumpliéndose que la altura  $BB' = 2AA'$ , al cabo de 300 s. el globo estará en C, donde  $CC' = 3AA'$ , y así sucesivamente.



El teodolito, situado en O, mide las alturas  $AOA'$ ,  $BOB'$ , etc. Con ayuda de la trigonometría podemos hallar las distancias  $OA'$ ,  $AB'$ , etc.:

$$OA' = AA' \cotg AOA'$$

$$OB' = BB' \cotg BOB'$$

.....

Una vez calculadas estas distancias, se dibujan en un diagrama polar cuyos radios serán  $OA'$ ,  $OB'$ ,  $OC'$ , etc., con el acimut correspondiente respecto a la línea Norte - Sur que haya dado la lectura hecha cada 100 s. El resultado de esto nos dará la proyección horizontal de la trayectoria del globo:  $OA'$ ,  $B'C'$ , etc.

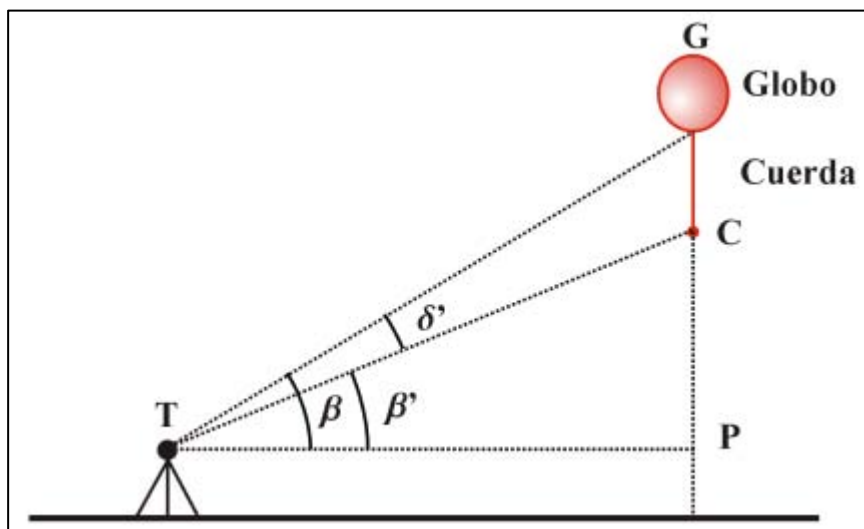
La recta  $OA'$  es la componente horizontal de la trayectoria del globo de O hasta A, por lo tanto dividiendo esta distancia por 100, nos dará la velocidad horizontal en metros por segundo del globo, o lo que es lo mismo la de la corriente de aire que existe a la altura  $AA'$ . El mismo razonamiento para la recta  $B'C'$ , etc.

<sup>7</sup> Joan Arús, *Fontserè i els Inicis de L'Aviació*, escrito publicado en el libro de las II Jornadas de Meteorología Eduard Fontserè editado por la ACAM Noviembre 1996, p. 2

El uso de tablas y teodolitos especiales, que se empleaban en diferentes observatorios europeos, simplificaban enormemente los cálculos, ya que las observaciones se realizaban tres veces al día: a las 7 h., 12 h. y 18 h.<sup>8</sup>

La razón por la que se realizaban las observaciones de cien en cien segundos según **Joan Arús**<sup>9</sup>, refiriéndose a las observaciones realizadas en la Estación Aerológica de Barcelona entre los años 1913 a 1921: "... Tenía finalidades aeronáuticas: se facilitaba la determinación de la velocidad del viento, ya que solo había que leer las distancias horizontales sucesivas y dividir por cien. De esta manera se calculaban las velocidades realizando el sondeo y se podía atender casi en tiempo real las demandas de la aviación, que a cada momento reclamaban por radio o teléfono el tiempo en sus rutas, y que según explica el mismo Fontserè, los días de perturbación atmosférica lo llegaban a reclamar con verdadera asiduidad."

Cuando se requería una mayor precisión en la observación con los globos pilotos, se utilizaban otros métodos de sondeo, como son:<sup>10</sup>



**Método de la cola:** se cuelga del globo una cuerda de longitud conocida, al final de la cual se le coloca un papel de colores o plateado. Con un teodolito T, de mayor precisión en la lectura del ángulo vertical se sigue al globo G y se anota cada minuto o cada cien segundos el ángulo visual  $\alpha$  con el que se ve la cuerda:

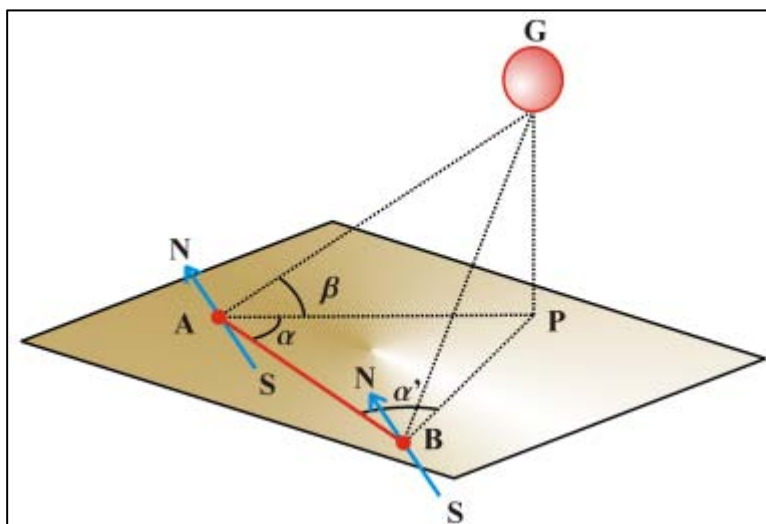
$$GP = 206.265 \times GC \times \text{sen } \alpha \cdot \cos \alpha \cdot \alpha''$$

<sup>8</sup> José María Lorente op. cit. 1ª parte, pp. 145-149.

<sup>9</sup> Joan Arús, op. cit., p. 2.

<sup>10</sup> Pio Pita y José María Lorente op. cit., pp. 68-69

Siendo  $\alpha'$  el número de segundos del ángulo  $\alpha$ .



**Método de los dos teodolitos:** Se mide una base AB normal a la dirección frecuente de los vientos. Desde los extremos de la misma, con dos teodolitos comunicados por teléfono, apuntan a la vez el globo G y con los datos leídos se obtiene la altura GP exacta por la fórmula:

$$GP = AP \operatorname{tg} b = AB \times \frac{\operatorname{sen} a'}{\operatorname{sen} (a + a')} \times \operatorname{tg} b$$

Conocida la altura en cada instante, la dirección y la velocidad del viento se determinaban como si se empleara un solo teodolito.

**Sondeos por disparos de artillería:** Era un tipo de sondeo muy costoso y se basaba en el disparo de proyectiles los cuales estallaban a diferentes alturas, que eran donde se quería determinar la dirección y velocidad del viento, éstos se calculaba por el recorrido del penacho del humo producido al estallar el proyectil.

**Sondeos acústicos:** Durante la Primera Guerra Mundial, se ensayó el método de elevar globos con petardos que estallaban a determinado tiempo. Como se sabía la velocidad ascensional del globo, se conocía la altura de la detonación. El sonido se escuchaba desde tres micrófonos en tierra. Por medio de complicados cálculos se podía determinar la situación del globo y por tanto su trayectoria.

Sobre estos dos últimos métodos, **José María Lorente**<sup>11</sup>, en la crónica de su viaje de estudios por los más importantes observatorios Europeos, en 1927, comenta: "...El

<sup>11</sup> José María Lorente , op. cit. 1ª parte, p. 149

*método de hacer explotar cartuchos a diferentes alturas no puede practicarse en Alemania por prohibición de la Policía, que teme pudiera producir incendios. En cambio fue empleado en la expedición científica a Spitzberg"*



Primeros sondeos con globo piloto desde la torre de El Retiro (Madrid) en 1913

## Los sondeos atmosféricos con cometas

### Tipos de cometas empleadas en meteorología

Dejando aparte las primeras cometas empleadas en elevar instrumentos meteorológicos, las cometas más importantes usadas en las estaciones aerológicas fueron las cometas inventadas por **William A. Eddy** y **Lawrence Hargrave**.

**W. Eddy** (1850 - 1909), era un periodista de Bayonne Nueva Jersey, que desde muy joven se interesó por las cometas, llevando a cabo por su cuenta, experimentos de vuelo para la investigación meteorológica y la fotografía aérea.

Para ello, empleaba trenes de cometas, porque necesitaba una rápida elevación a grandes alturas. Sus primeros experimentos llevados a cabo con cometas planas

hexagonales, le llevaron a conseguir remontar un tren de dieciséis cometas de este tipo. Pero veía que las colas, que son necesarias para estabilizar las cometas planas, eran el principal estorbo para izar trenes de cometas a alturas considerables, por sus continuos enredos. A pesar de todo, el 9 de Mayo de 1891, llegó a elevar un tren de cinco de estas cometas, entre los 1200 y 1800 m. de altura.

**Eddy**, se dedicó a investigar un método, que le permitiera la estabilización de una cometa sin cola. Esto se le ocurrió a raíz de una visita a la Exposición Colombina de 1893, en la que se exponía un tipo de cometa, que se construye en la Isla de Java y no posee cola. Su estabilización, se consigue mediante el arqueado del larguero, hasta formar un ángulo diédrico. Investigando esta vía construyó, la conocida hoy por cometa **Eddy**, patentada en 1900<sup>12</sup>.

En Agosto del año 1894, ofrece sus cometas para ser empleadas en vuelos meteorológicos al Observatorio de Blue Hill, elevando un tren de cinco de sus cometas, con una carga útil de un kilo, a una altura de 426 m. En el siguiente año, en varias ocasiones, se emplean trenes de *Eddys* para elevar instrumentos. Un tren de diez de ellas, alcanzó los 7127 m de altura, el 5 de Mayo de 1910.

A finales del siglo XIX, el ingeniero, astrónomo y explorador **Lawrence Hargrave** (1850-1915), desde Australia, ideó una nueva forma para las cometas. Fue tan eficaz en su diseño y prestaciones, que todas las cometas desarrolladas posteriormente, fueron meras modificaciones de esta forma básica. Entre los años 1895-96 en Blue Hill, se empleo este tipo de cometa, que dio inmejorables resultados, siendo ampliamente utilizada durante mas de treinta años, en los observatorios de todo el mundo.

Dada la importancia que tuvieron las cometas celulares, pasaremos a describirlas tal como lo hacen **Francisco de P. Rojas**<sup>13</sup> y **José María Lorente**<sup>14</sup> en sus respectivos escritos.

**Francisco de P. Rojas** la denomina *Cometa Hargrave bicelular simétrica* y "... esta constituida por la cometa propiamente dicha y por el cordaje que forma su brida o sistema de retención a cuyo extremo final o vértice de la brida o de la retención se enlaza el cable que la mantiene sujeta al torno de maniobra."

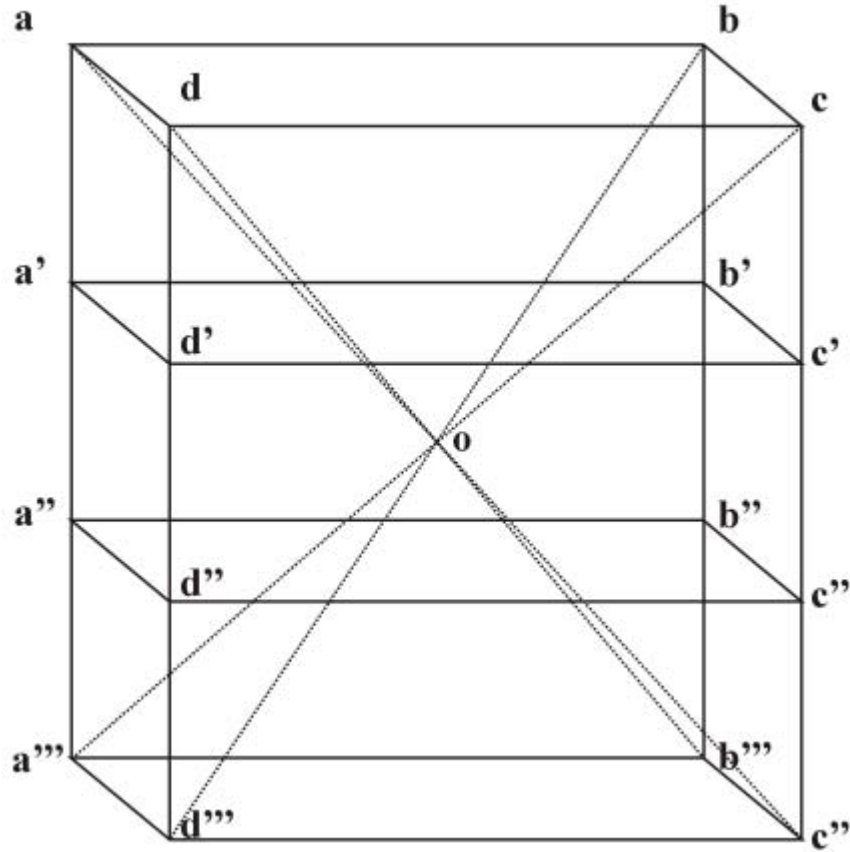
---

<sup>12</sup> Ver figura 2 página 19.

<sup>13</sup> **Francisco de P. Rojas**, op. cit., pp 11 y siguientes

<sup>14</sup> **José María Lorente**, *Crónica de un Viaje de Estudios (2ª parte)*, Anales de la Sociedad de Meteorología, noviembre - diciembre 1927. vol. I nº 6, pp 172-173.

"La cometa consta de armadura o esqueleto y de telas que constituyen las superficies activas, sustentadoras y directoras; la armadura, por ligera que sea, presenta cierta resistencia al aire, resistencia perjudicial que hay que tratar de disminuir todo lo posible sin restar rigidez y resistencia al conjunto.



La armadura, que ya hemos dicho que debe ser indeformable, se compone de cuatro largueros (de madera, de bambú o de tubo de aluminio) aa''', bb''', cc''', dd''', de cuatro bastidores:



De igual material que los largueros, iguales al a, b, c, d, paralelos entre sí y perpendiculares a los largueros, enlazados a ellos sólidamente en sus extremos y en puntos intermedios, cuatro tensores de alambre de acero que enlazan dos a dos los vértices opuestos del paralelepípedo recto rectángulo que forma el conjunto, para obtener rigidez necesaria, tensores que se cruzan y se ligan en el centro de la armadura.

*Por la intercalación de los dos bastidores intermedios, queda el conjunto descompuesto en tres paralelepípedos recto rectángulos superpuestos"*

*" La magnitud  $aa''$ , por ejemplo, es la **altura de la cometa** que representaremos por  $L$ ; la  $a$   $b$ , **anchura de la cometa** que representaremos por  $a$  y la  $a$   $d$ , **fondo de la cometa** que representaremos por  $e$ .*

*En general la separación  $aa'$  entre los bastidores superiores es igual a la  $a''$   $a'''$  entre los dos inferiores e iguales ambas al espesor  $e = ad$  de la cometa y la separación  $a'a''$  entre los bastidores intermedios, es algo mayor que la que medía entre los bastidores extremos."*

El texto sigue explicando las zonas de la cometa que van recubiertas de tela, definiendo las superficies sustentadoras, las directoras y las nocivas.<sup>15</sup>

*"...Los cuatro rectángulos de tela,  $aba'b'$ ,  $cdc'd'$ ,  $a''b''a'''b'''$ , y  $c''d''c'''d'''$ , que son heridos por el viento en la posición de vuelo de la cometa, constituyen las superficies sustentadoras; su suma expresada en metros cuadrados la designaremos por  $S$ . Los cuatro rectángulos laterales cubiertos de tela,  $ada'd'$ ,  $bcb'c'$ ,  $a''d''a'''d'''$ ,  $b''c''b'''c'''$ , forman las superficies directoras de la cometa (que en la posición de vuelo quedan rozadas interior y exteriormente por el viento al penetrar este por las caras superiores  $abcd$ ,  $a''b''c''d''$  de ambas células...*

*...Por último como la cometa vista de testa presenta superficies tales como los espesores de los bastidores transversales las secciones rectas o cabezas de los largueros, los tensores que arriostran el conjunto, etc.,... tendremos en cuenta dichas superficies nocivas..."*

Por último **Francisco de P. Rojas**<sup>16</sup> describe los tipos de brida<sup>17</sup> que se colocan en estas cometas:

*"Brida o retención. Este elemento, de grandísima importancia, como se veremos más adelante, puesto que de su posición dependen en gran parte los efectos que se desee*

---

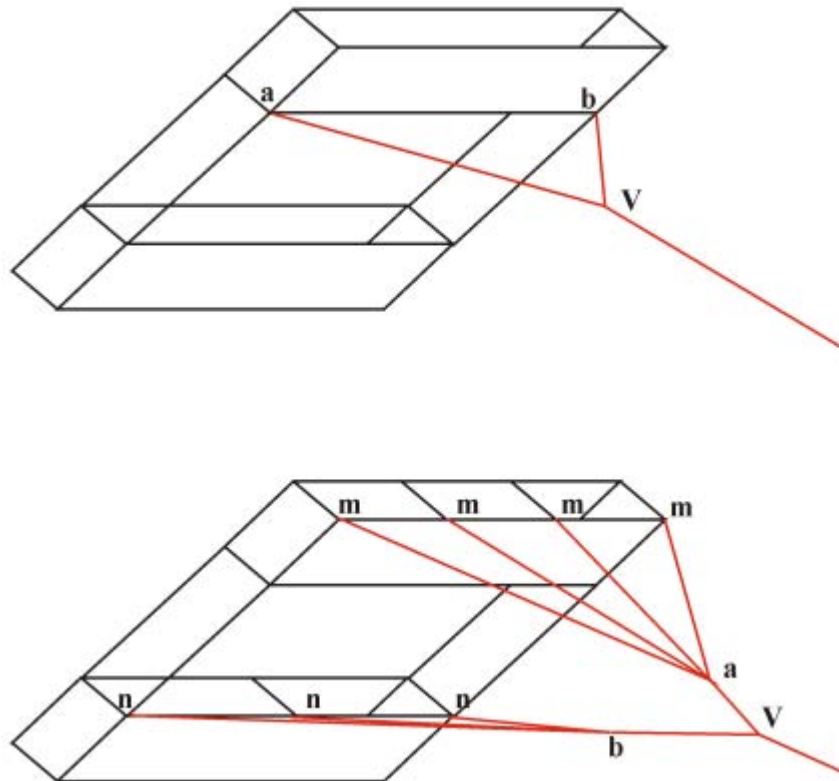
<sup>15</sup> **Superficies sustentadoras** son aquellas que generan la fuerza de sustentación, cuando la cometa se coloca en su posición de vuelo. Las **superficies directoras** garantizan el equilibrio transversal de la cometa en vuelo. Las **superficies nocivas** son las superficies que ofrecen al viento en la posición de vuelo de la cometa, una resistencia perjudicial.

<sup>16</sup> **Francisco de P. Rojas**, op. cit., p. 13

<sup>17</sup> La brida es una estructura funicular que une el bastidor de la cometa con el cable de retención

obtener con una cometa determinada, afecta formas muy diversas según el tamaño de aquélla, desde la brida más sencilla compuesta por dos ramales  $aV$  y  $bV$ <sup>18</sup> de igual longitud que se sujetan a los dos largueros anteriores al terminar la célula superior y se reúnen en el punto  $V$ , vértice de la brida, hasta el tipo complejo<sup>19</sup>, que consta de dos partes o hojas, formada la superior por ramales  $ma$ , enlazados a los extremos superiores de los largueros anteriores y a puntos intermedios del bastidor superior, mientras el inferior consta de ramales análogos  $nb$  sujetos a dichos largueros junto al borde superior de la célula inferior y a puntos intermedios del bastidor correspondiente.

De los puntos  $a$  y  $b$  de reunión de los ramales de ambas hojas, parten dos ramales  $aV$  y  $bV$  que, reunidos en  $V$  forman el vértice de retención o brida."



"Algunas veces, en el ramal inferior  $bV$  se introduce un resorte elástico..." este elemento es también descrito en el trabajo de **José María Lorente**<sup>20</sup>, quien al

<sup>18</sup> Ver figura superior en esta página

<sup>19</sup> Ver figura inferior en esta página

<sup>20</sup> **José María Lorente**, op. cit. 2ª parte, p. 173



Pues bien la antigua armadura de esas cometas, construida por una serie de varillas que formaban las aristas de esas celdas, ha sido sustituida en Lindenberg por un eje central (EE' en la superior y otro análogo en la inferior) para cada una de ellas, de cuyos extremos parten varillajes formados por cuatro bastoncitos (EA, EB, EC, y ED y los correspondientes en los otros extremos) que terminan en las esquinas de esas celdas. Estos ejes EE' son de madera sólida y ligera y en sus extremos tienen un tornillo que corre más o menos el varillaje, siguiendo la dirección del eje, con el fin de poner tensa la tela. El varillaje está hecho de bambú o de otra madera ligera. Las aristas AB, A'B', BC, BB'... no están determinadas sino por alambre de acero, que queda tenso con los varillajes citados.

Las dos celdas de tela, la superior y la inferior se unen entre sí por los bastoncitos DF, CG, D'F', C'G', también de maderas ligeras.

Dos tamaños de cometas se usan: uno para la llamada principal, donde va colocado el meteorógrafo y otro para las cometas secundarias que se enganchan al hilo principal y le ayudan a subir. La primera tiene 10 metros cuadrados de superficie en su tela y las segundas ocho metros cuadrados"

Como se ve en las fotografías de la página siguiente, las cometas que se emplearon ampliamente en los observatorios aerológicos del mundo eran modificaciones de la cometa de **Hargrave**. **Francisco de P. Rojas**<sup>21</sup> describe una serie de modelos usados en algunos observatorios, detallando su estructura, sus cables tensores, las bridas, etc., todo esto, dentro del modelo básico bicelular simétrico, pero también se describen dos tipos de cometas, una muy usada en los observatorios meteorológicos rusos y la cometa *Treppen Drachen* (cometa en escalera), utilizada en Alemania por el profesor **Köppen** en 1901 en la estación aerológica-marítima de Hamburgo<sup>22</sup>.

**Tipos de cometas meteorológicas (figura página siguiente)**

**1.** Cometa tipo Hargrave en un sondeo realizado en la estación aerológica de Drexel, Nebraska (Estados Unidos) en 1917. **2.** Cometa abombada de W. Eddy. **3.** Cometa "Diamant" utilizada en la estación aerológica de Gross Borstell (Alemania) desde 1904. **4.** Cometa Regulable de Rudolf Grund, usada en el Observatorio de Lindenberg (Alemania) en 1929. **5.** Cometas tipo Eddy en el exterior del Observatorio de Blue Hill Massachusetts (Estados Unidos) al final del siglo XIX. **6.** Cometa paraguas (*Schirmkastendrachen*) empleada en el Observatorio de Lindenberg (Alemania) cerca de 1910. **7.** Cometa Normal usada en un sondeo marítimo en Alemania cerca de 1906.

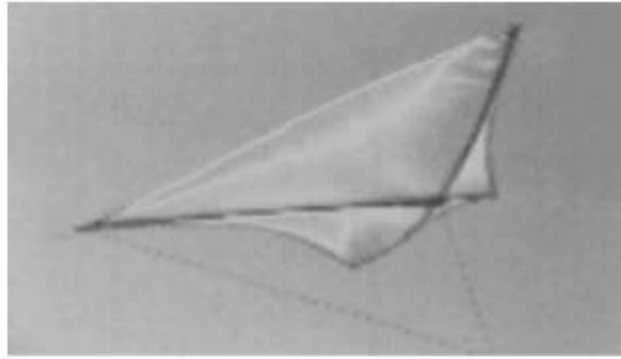
---

<sup>21</sup> **Francisco de P. Rojas**, op. cit., pp. 67-86

<sup>22</sup> Ver figura página 20



1



2



5

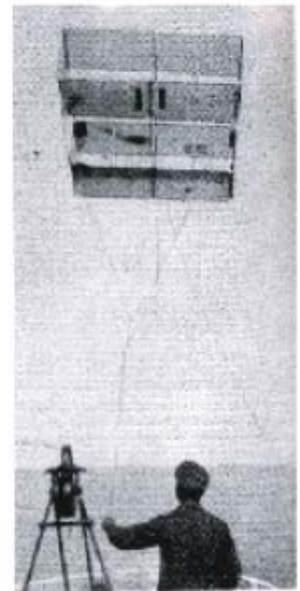


3

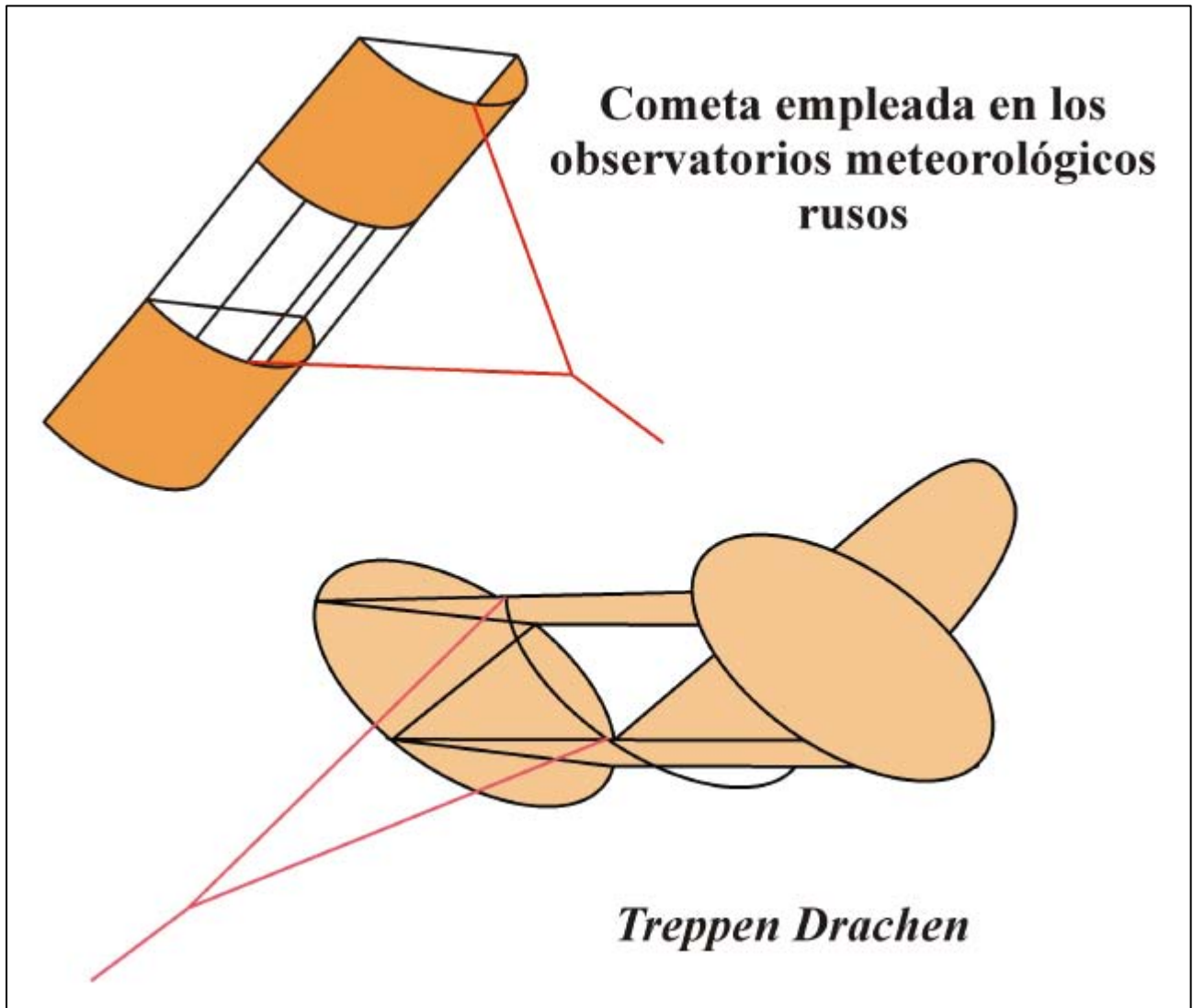
4



6



7



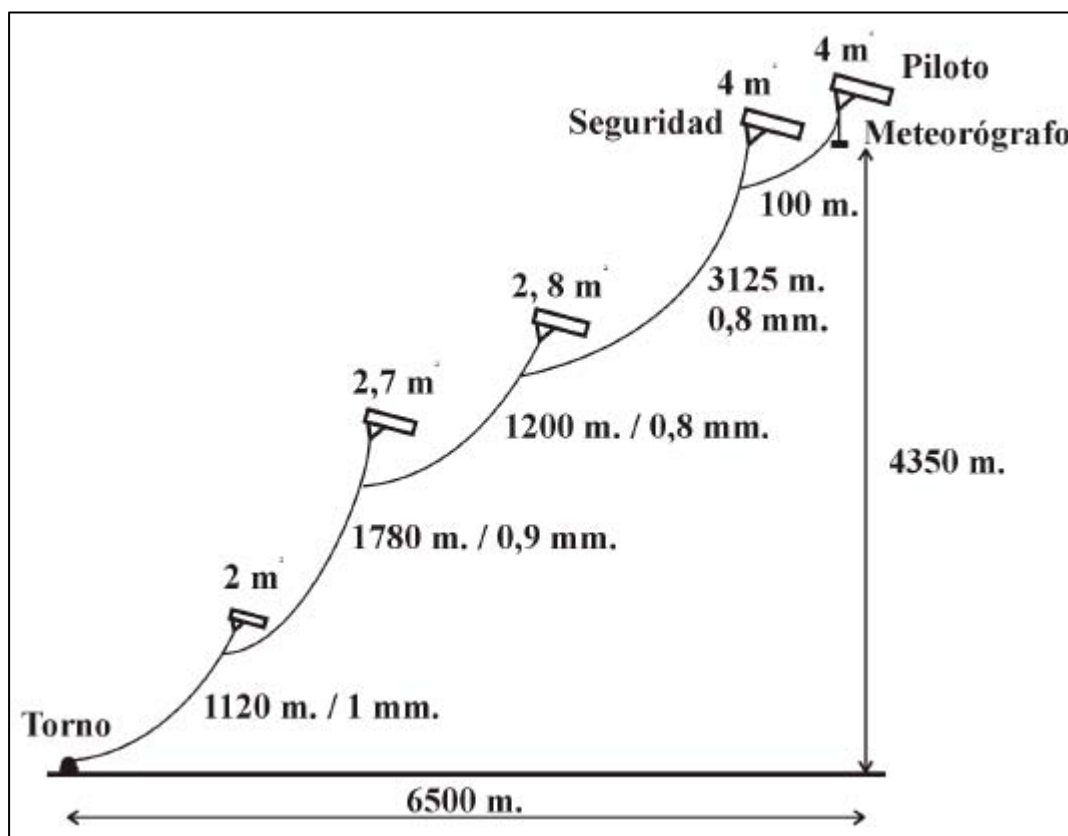
### Procedimientos de lanzamiento. Organización de la línea aérea.

El sondeo de la atmósfera con ayuda de cometas, recuerdo que se empleaba, cuando se quería elevar un aparato registrador o meteorógrafo a grandes alturas. Para conseguir esto se empleaba un tren de cometas, donde una de ellas denominada *piloto* o *principal* llevaba el aparato de medida y el resto de ellas, denominadas *auxiliares* o *secundarias*, eran las encargadas de aliviar el peso del cable de sujeción, que se enrollaba y desenrollaba con ayuda de un torno. Junto a la cometa principal se colocaba otra denominada *cometa de seguridad* cuyo fin se explicará más adelante.

**Francisco de P. Rojas**<sup>23</sup> lo describe: "Cuando por medio de cometas se trata de elevar un aparato registrador a grandes alturas (se han rebasado lo 7000 metros en

<sup>23</sup> Francisco de P. Rojas, op. cit., p. 86

algunas ocasiones, empleando más de 15 kilómetros de cable)<sup>24</sup>, el procedimiento general seguido en todos los observatorios es, con ligeras variantes el mismo, pudiendo presentar como modelo el de la exploración aérea realizada el 26 de julio de 1900 en el observatorio meteorológico de Tegel (Berlín), representado en el esquema en la figura... La altura alcanzada por el meteorógrafo fue de 4.300 metros, la distancia horizontal entre el torno y la vertical del aparato registrador de 6.000 metros y la longitud de cable desarrollado 7.325 metros.



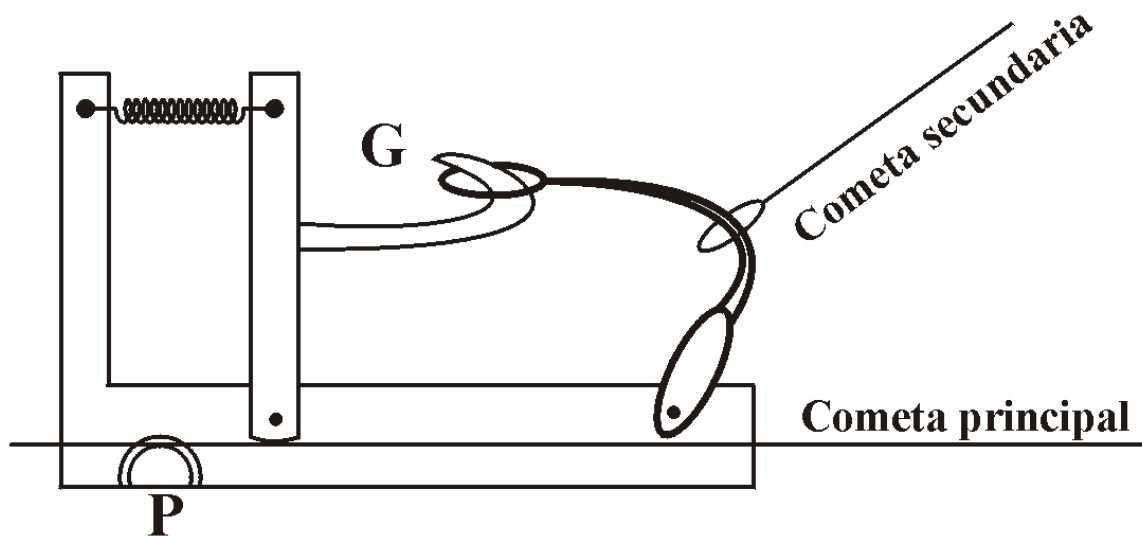
Se emplearon en la ascensión la cometa piloto y la de seguridad, ambas de 4 metros cuadrados de superficie sustentadora, y tres cometas auxiliares (para aliviar a las primeras el peso de la línea), cuyas superficies sustentadoras fueron de 2, 2,7 y 2,8 metros cuadrados. La línea general se componía de los trozos de cable de alambre de acero de la longitud y diámetro que la figura indica, provistos en sus extremos de anillos de acero estampado y mosquetones para su enlace mutuo, anillos a los que a su vez se sujetan por mosquetones, llaveros o ganchos especiales los extremos inferiores de los cortos cables de retención de las cometas auxiliares, destinadas a ir

<sup>24</sup> El autor no conocía que en el mismo año de publicación del libro, en concreto el 1 de agosto de 1919, en el Observatorio de Lindenberg, en Alemania, se elevó un tren de ocho cometas meteorológicas tipo "Schirmkastendrachen". Después de 18 horas de elevación y 15 Km de cuerda de piano, como hilo, alcanzó los **9740 m.** de altitud, récord que ha permanecido imbatible hasta ahora.

soportando el peso de la línea para que el aparato registrador alcance la altura de exploración deseada."

El sistema de sujeción de la cometa auxiliar a la línea, usado en Lindenberg, lo detalla **José María Lorente**<sup>25</sup>:

"Ya hemos dicho, que hay dos clases de cometas: la principal de 10 metros cuadrados de superficie y las secundarias de ocho. La cometa secundaria no lleva sino 40 metros de alambre de 0,6 milímetros. Al final de él va el aparatito que muestra en esquema la figura..."



El alambre de la cometa principal se le hace pasar por la polea P y se le sujeta a presión entre las caras internas de la polea. Si una racha de viento diese un tirón de la cometa secundaria, ésta vencería la acción del muelle del aparatito y el gancho G se soltaría y se desprendería la cometa secundaria, sin romper el alambre de la cometa principal, que es lo peligroso."

La cometa de seguridad se unía como las otras cometas secundarias a la línea principal, pero en este caso la carga de ruptura del cable de la cometa de seguridad era muy inferior. Este se hacía pues la misión encomendada a esta cometa era doble: "... primero, proporcionar refuerzo a la acción de la cometa piloto para que el cable se eleve formando gran ángulo con la horizontal; y segundo, en caso de peligro por aumentar mucho la intensidad del viento repentinamente, que se rompa su cable de retención, cesando el refuerzo que esta cometa proporcionaba y evitando la rotura de la línea general en cualquier punto débil, por disminuir todas las tracciones en la parte

<sup>25</sup> José María Lorente, op. cit. 2ª parte, p. 173

*que correspondía al esfuerzo de esta cometa, dando así tiempo a recoger el material."*<sup>26</sup>

El número de cometas que se usaban en tren, dependía de la altura a alcanzar, pero lo normal es que para alturas de dos o tres kilómetros, se empleasen solo dos cometas, la piloto y la de seguridad. Todo esto era función de la velocidad del viento y de las superficies sustentadoras de la cometa principal, la piloto y las secundarias. *"Sin poder dar reglas concretas, dado las variables del problema con las distintas velocidades del viento y las diversas alturas que se pretendan explorar, creo, sin embargo, que, como reglas generales, convendrá disponer en toda estación aerológica de tres grupos de cometas de tamaños y densidades diferentes, para trabajar con las más ligeras o del primer grupo, con vientos de 3 a 8 metros de velocidad por segundo; las del segundo se emplearían con vientos de 7 a 12 metros de velocidad, reservando las del tercero para utilizarlas con velocidades de viento de 10 a 20 ó 25 metros por segundo."*<sup>27</sup>

En cuanto al método de lanzamiento *"... es, en esencia, el mismo que emplean los niños, pero perfeccionado. Ahora bien como se usan dos clases de cometa, la principal y las secundarias, hay que hablar para el procedimiento para cada una de ellas.*

*La principal se lanza del siguiente modo: Se une el extremo del alambre que está arrollado en el torno a las bridas de la cometa, y los dos hombres portadores de la misma se alejan unos 200 metros, cuando hace fuerte viento o moderado, y unos 400, cuando sopla débil, y, a una señal del maestro cometero que maneja el torno, la lanzan con violencia al aire, a la vez que el tambor movido por un motor eléctrico, comienza a recoger alambre rápidamente. En cuanto la cometa se mantiene en el aire, se para el motor y se deja que se vaya desenrollando el alambre por la tracción de la cometa. El alambre resiste hasta 200 kilogramos de tensión, pero hay que vigilar para que no pase de unos 40 o 50, y así alejar todo peligro de rotura.*

*(...)*

*Cuando la cometa principal ya no sube más se procede a enganchar la secundaria. Esta va provista de un alambre de unos 40 metros. Lánzase entre dos hombres como si fuera una cometa de juguete y cuando ya está en el aire entonces el cabo de este alambre se empalma en el de la cometa principal por medio del aparato de seguridad de que se habló en la sección primera al describir los accesorios. Síguense determinando con intervalos de pocos minutos la altura que va tomando la cometa*

---

<sup>26</sup> **Francisco de P. Rojas**, op. cit., pp. 88-89

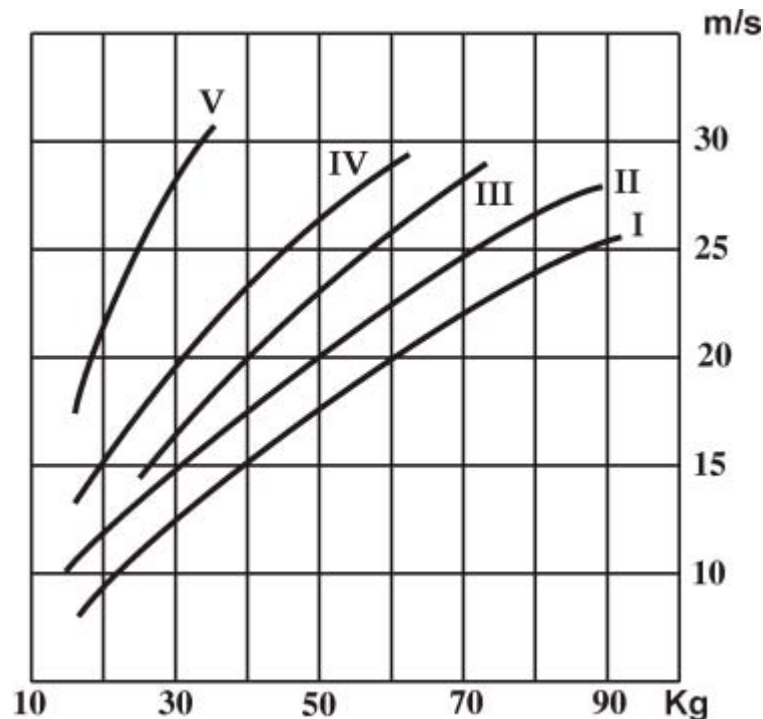
<sup>27</sup> **Francisco de P. Rojas**, op. cit., p. 89

principal y cuando vuelva a estabilizarse en una capa se engancha otra secundaria y así hasta tres o cuatro de éstas.

*La máxima altura alcanzada depende, claro es, de la velocidad del viento en las alturas. Si después de colocadas las tres o cuatro cometas secundarias la cometa principal ya no sube, o antes, si los tirones que diese el alambre son peligrosos, se procede a enrollar éste en el tambor por medio del motor eléctrico<sup>28</sup>.*"

Por la lectura de los párrafos anteriores, se desprende que, en los años veinte, se había prescindido del uso de la cometa de seguridad en el observatorio de Lindenberg. También habla de la existencia del *maestro cometero*, es decir de personal dedicado a la tarea de elevar las cometas. La razón de esto es que *"... como el personal científico que antes dirigía los lanzamientos se renovaba a veces con frecuencia, se acudió al sistema de nombrar a dos maestros cometeros que, buenos mecánicos, realizan estos lanzamientos tres veces al día, y con éxito rotundo desde hace varios años, dejando así libre el tiempo al personal científico para dedicarse a las investigaciones<sup>29</sup>"*

Uno de los cuidados especiales que se tenían que hacer durante los lanzamientos, era procurar que no se produjera la rotura del cable principal de la cometa. El control de



<sup>28</sup> **José María Lorente**, *Crónica de un Viaje de Estudios (3ª parte)*, Anales de la Sociedad de Meteorología, enero - febrero 1928. vol. II nº 1, pp. 16-17.

<sup>29</sup> **José María Lorente**, op. cit. 3ª parte, p. 16

esto, se llevaba a cabo con ayuda de un dinamómetro que se colocaba en el torno, y controlaba la tensión que estaba soportando el mismo. La experiencia había demostrado que la rotura se producía, la mayoría de los casos, cuando la cometa atravesaba repentinamente una capa de aire a otra de diferente velocidad. Por lo tanto durante el ascenso era fundamental seguir la marcha de las variaciones de velocidad de las capas de aire. En los observatorios, se realizaban tablas, como la representada en la figura, que en función del tamaño y forma de la cometa (número de la gráfica), relacionaba la velocidad del viento (eje Y) con la tracción (eje X), que estaba experimentando el cable de sujeción.

Por lo tanto leyendo la lectura del dinamómetro se tiene la velocidad de la capa de aire que esta atravesando, si se observaba una rápido aumento de la misma, se aflojaba el freno del tambor del torno, para soltar cable, si por el contrario la velocidad disminuía mucho se paraba la salida del cable, por supuesto la experiencia de los *maestros cometeros* era fundamental.

### Torno de maniobra



**Evolución de las Tornos de Maniobra en el Observatorio de Blue Hill**

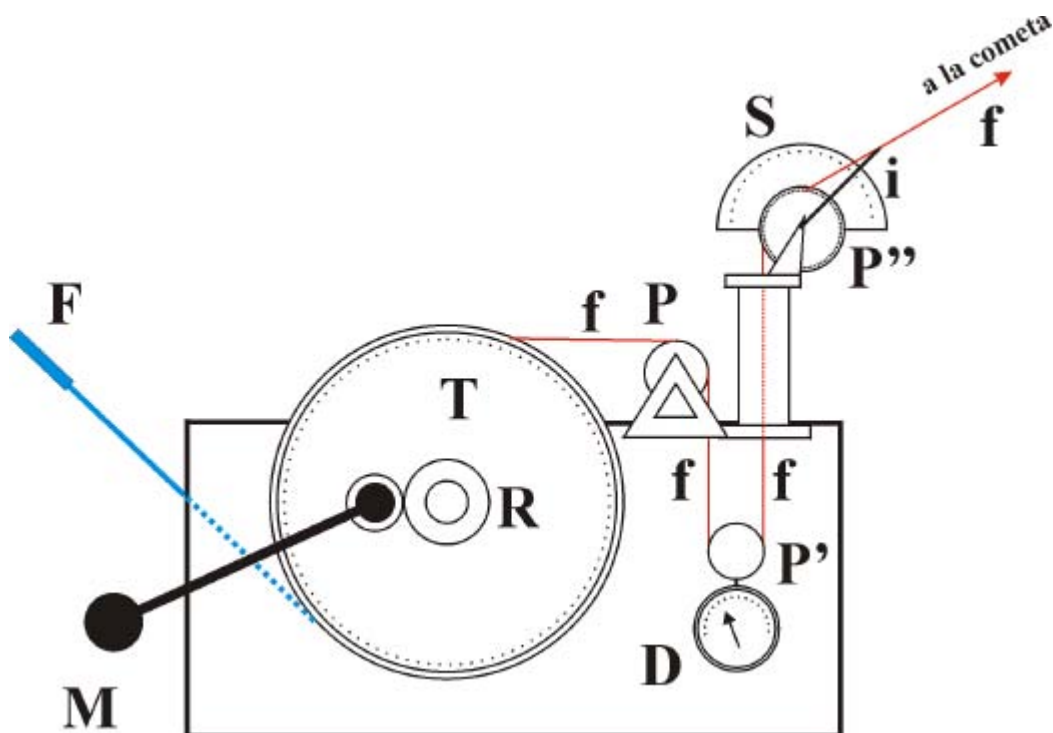
Para maniobrar las cometas hacía falta un torno que ayudada a enrollar y desenrollar el cable del tren. Hay gran variedad de modelos de torno, movidos a brazo por uno o dos hombres, tal como se ve en la foto. Éstos evolucionaron a finales del siglo XIX y principios del XX a modelos movidos mediante un motor eléctrico, de explosión o de vapor.

Describiré el modelo que **Francisco de P. Rojas**<sup>30</sup> detalla en su obra:

*"Describiremos únicamente, por lo completo y sencillo y para que pueda servir de guía, un torno movido a brazo, modelo americano, que basta para dar una clara idea de los diversos elementos que integran uno de estos aparatos, torno que con la adición de una polea de diámetro conveniente, puede conectarse con cualquier clase de motor si así se quisiera.*

*Consta el torno de un carrete metálico T, en el que se devana el cable de acero, provisto en su extremo de la rueda dentada R y de una garganta en el opuesto sobre la que actúa un freno de cinta maniobrado a mono, mediante la palanca F, para ir largando cable con la velocidad que se desee, deteniendo el movimiento cuando convenga, con auxilio de un fijador.*

*El cable, a su salida del carrete, pasa por la polea P, desciende verticalmente, rodea la garganta de la polea P', sube, verticalmente también, atravesando la columna hueca C, pasa por la garganta de la polea P'', cuya armadura está enlazada al anillo a, que puede girar alrededor de la columna C como eje, permitiendo que el cable tome cualquier dirección en el espacio para situarse en la que el viento le imponga, sin necesidad de cambiar la orientación del torno y de la polea P'', orientable en la forma dicha, va ya la cometa. La polea P', recibe, en virtud de la disposición explicada, un refuerzo dirigido de abajo arriba igual al doble de la tensión que sufre el cable a su salida del torno,*

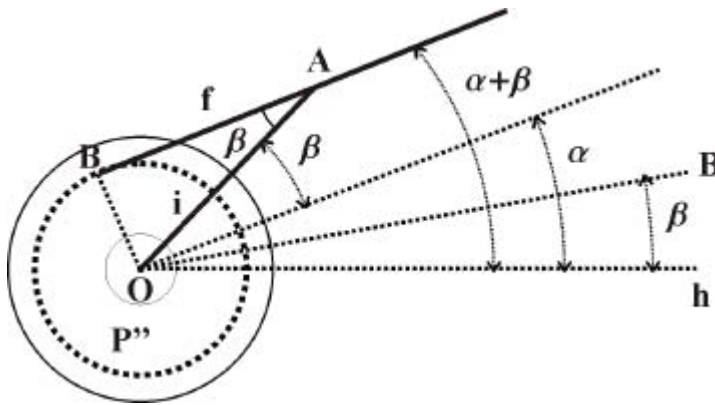


<sup>30</sup> Francisco de P. Rojas, op. cit., pp. 95 -97

esfuerzo transmitido a un dinamómetro  $D$ , que por lectura directa marca constantemente el valor de dicha tensión, dato que como sabemos interesa conocer en todo momento.

Lleva además, el torno que describimos, una esfera que, mediante su conveniente embrague con el carrete, permite conocer constantemente con gran exactitud, la longitud del cable desarrollado.

Una disposición muy ingeniosa y sencilla, proporciona el medio de conocer, en cualquier momento que se desee, el ángulo  $\varphi$ , que forma con la horizontal el cable a la salida del torno. Para obtener dicho resultado, la polea  $P''$ , lleva a un costado un sector  $S$  graduado en grados y medios grados, y un índice  $i$ , formado por un alambre en forma de  $U$ , sujeto por las ramas al eje  $OO'$  de la polea y que puede girar alrededor de dicho eje.

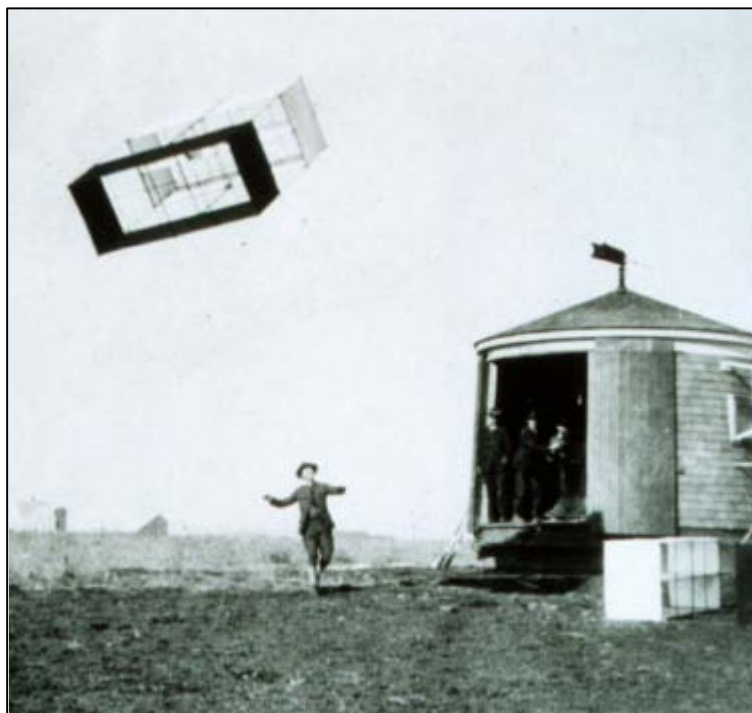


Los Puntos  $O, B, A$ , forman un ángulo rectángulo fijo, cualquiera que sea la inclinación del cable  $f$ , por ser constantes el radio  $OB$  y la hipotenusa  $OA$ ; por lo tanto fijo y constante será en cualquier posición del cable el ángulo  $\dagger$ , formado por él y por el índice, cuando, a mano, se lleve a establecer contacto con

aquél en el punto  $A$ .

Si el cero de la graduación del sector  $S$ , coincidiera con la horizontal  $oh$ , el índice  $i$ , marcaría sobre el sector el ángulo  $(\varphi + \dagger)$ , del que restando el valor constante y conocido de  $\dagger$ , se deduciría el de  $\varphi$ , buscado. Para evitar esta sencilla resta y obtener directamente el valor de  $\varphi$ , por la indicación dada sobre el sector por el índice, basta que el cero de la graduación del sector no esté sobre la horizontal  $oh$ , sino sobre la recta  $OB$ , que forma con ella el ángulo  $\dagger$ ; el índice marcará en este caso el ángulo  $\varphi$  sobre el sector."

El torno se protegía de las inclemencias del tiempo, instalándolo dentro de una caseta o garita giratoria, como la salida del cable dependía de la dirección del viento, esta se orientaba en la dirección precisa. Alrededor de la caseta se marcaban los rumbos de los vientos con el fin de determinar la dirección del viento que sustentaba a la cometa, esto se realizaba apuntando con el brazo a ésta y comparando la dirección del mismo con las marcas en el suelo.



Garita de una estación aerológica en Estados Unidos (1900)

### Determinación de la altura alcanzada por una cometa

Los datos de presión registrados en el meterógrafo en su ascenso debían ser relacionados con las alturas sobre el nivel del mar que correspondían, por lo tanto era preciso conocer a qué altura geométrica se había producido la medida.

Existían varios métodos para la determinación de esta, pero los que generalmente se empleaban, eran tres que pasamos a detallar:

**Fórmula de nivelación barométrica de Halley:** es una fórmula que proporciona la diferencia de altura entre dos puntos conociendo entre ellos las presiones y temperaturas en el mismo instante, su expresión es la siguiente:

$$H = 18490 \frac{x' t + t'}{x \cdot 2}$$

H: Altura buscada en metros.

x : Presión en mm. en el punto más bajo.

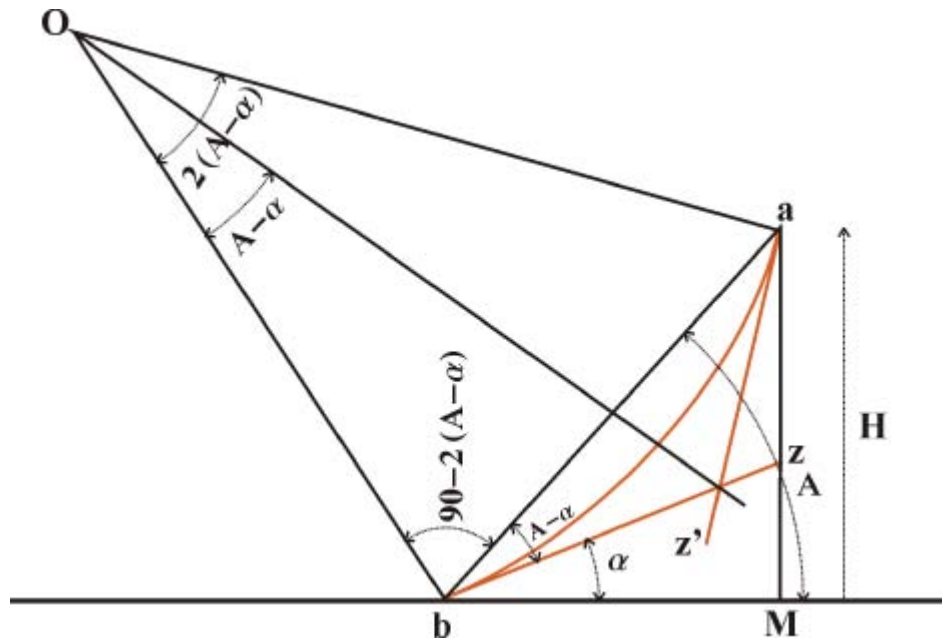
t : Temperatura en °C. en el punto más bajo.

x': Presión en mm. en el punto más alto.

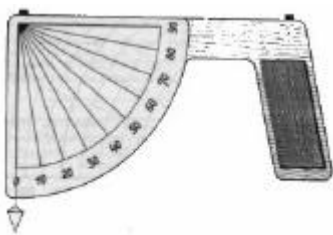
t' : Temperatura en °C. en el punto más alto.

Para la aplicación de este método, es necesario que durante la ascensión se disponga en tierra de un meteorógrafo análogo al elevado por la cometa, para conocer los valores de presión y temperatura en cada instante en el suelo. Así, una vez completado el sondeo, se comparan con los valores obtenidos en el aparato instalado en la cometa que corresponden a un mismo momento con el de tierra, y por aplicación de la fórmula de Halley, con una aproximación suficiente, se conoce la altura en que se encontraba la cometa.

**Fórmula de Saconney:** Las experiencias con cometas, llevadas a cabo por el capitán del ejército francés **J. Th. Saconney** (1874 -1935), demostró, que la forma que adquiriría el cable de una cometa en su elevación, bajo la acción del viento, se asemeja al arco de un círculo que cumple ciertas condiciones.



Consideremos que la cometa se encuentra en  $a$  y el torno en  $b$ . El ángulo  $\varphi$  es el que forma el cable con la horizontal a su salida del torno, que como hemos visto se mide por medio del índice  $i$  y el sector  $S$ .<sup>31</sup>



El ángulo  $A$ , que es el que forma con la horizontal la línea ideal  $b - a$ , se mide apuntando desde el torno a la cometa, con ayuda de un cuadrante de péndulo elemental, como el mostrado en la figura.

<sup>31</sup> Ver figura página 26

**Saconney** demostró que la forma que adquiere el cable coincide con bastante exactitud, con un arco de circunferencia tangente en  $b$  a la tangente  $bz$  y tangente en  $a$  a la tangente  $az'$  y cuyo ángulo en el centro vale  $2(A - \varphi)$ .

La longitud  $l$  de cable desenrollado, coincidirá siempre con el desarrollo del círculo trazado con las anteriores condiciones. De las propiedades mencionadas dedujo la siguiente fórmula para la determinación de la altura  $H$  (en metros) de la cometa en función de la longitud  $l$  de cable desenrollado y de los ángulos  $A$  y  $\varphi$ , obtenidos desde tierra:

$$H = 57,3 \times l \times \operatorname{sen} A \times \frac{\operatorname{sen}(A - \varphi)}{A - \varphi}$$

Se puede deducir esta fórmula del siguiente modo:

Del sector  $Oab$  deducimos:

$$\frac{2 \times (A - \varphi)}{360} = \frac{l}{2 \times p \times R}$$

$$R = Ob$$

$$2 \times p \times R = \frac{180 \times l}{A - \varphi} \quad R = \frac{180 \times l}{2 \times p \times (A - \varphi)} \quad [1]$$

Del triángulo rectángulo  $bOC$  se obtiene:

$$bC = \frac{ba}{2} = R \times \operatorname{sen}(A - \varphi) \quad ba = 2 \times R \times \operatorname{sen}(A - \varphi)$$

Por el valor de  $R$  en [1]

$$ba = \frac{180 \times l}{p \times (A - \varphi)} \operatorname{sen}(A - \varphi) \quad [2]$$

Por último, del triángulo rectángulo  $aMb$ , se deduce:

$$a M = H = b a \text{ sen } A$$

En la que sustituyendo por  $ba$  su valor [2]:

$$H = \frac{180}{p} \times l \times \text{sen } A \times \frac{\text{sen } (A - a)}{A - a}$$

Y hallando el valor de  $180/p$  resulta la fórmula de Sacconey.

"Aplicando Sacconey dicha fórmula en las experiencias que llevó a cabo en 31 de enero de 1910 y en 3 de febrero del mismo año, halló los resultados siguientes. Para un viento de 10 metros de velocidad por segundo, los valores de  $\varphi$  y de  $l$  fueron:

$$A = 32^\circ \quad \varphi = 24^\circ \quad l = 600 \text{ metros}$$

que empleados en la fórmula dan  $H = 319$  metros, mientras que determinando el valor  $H$  por triangulación, resultó ser de 320 metros. Con viento de 17 de velocidad por segundo. Los valores medidos fueron:

$$A = 41^\circ \quad \varphi = 30^\circ \quad l = 900 \text{ metros}$$

Para los cuales la fórmula dio el valor  $H = 582$  metros, mientras por triangulación resultaron 580. Es pues, una fórmula práctica bastante aproximada y que proporciona buenos resultados.<sup>32</sup>"

**Determinación de la altura por triangulación:** Cuando la cometa sea visible desde tierra y se desee obtener su altura, con gran exactitud sobre el terreno, se puede emplear el método de triangulación.

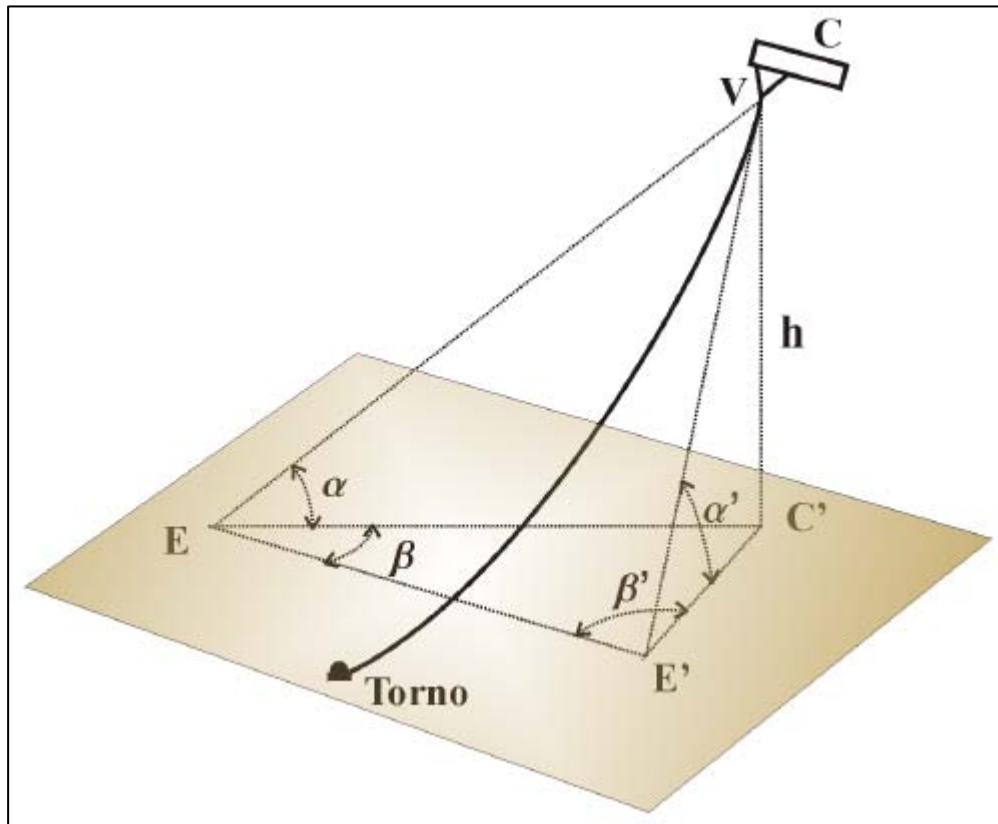
"... efectuado en los instantes deseados observaciones simultaneas desde dos estaciones  $E, E'$  instaladas en tierra y separadas por una distancia de antemano y conocida.

Las estaciones  $E, E'$  se elegirán de modo que no haya obstáculo ninguno intermedio para que cada uno pueda visar la otra; estarán provistas de un teodolito (análogo al de Quervain) que permita visar con comodidad la cometa, y de un cronómetro confrontado con el de la otra estación para operar a intervalos de tiempo determinados de antemano, de un modo simultaneo, sin el cual el método perdería toda exactitud y carecería de valor. En los momentos convenidos, cada estación visa la

---

<sup>32</sup> Francisco de P. Rojas, op. cit., p. 64.

cometa - piloto, anotando el ángulo de elevación  $\varphi$  para la E y  $\varphi'$  para la E' y midiendo el ángulo horizontal  $\dagger$  para E y  $\dagger'$  para la E', obtenido visando a su corresponsal.

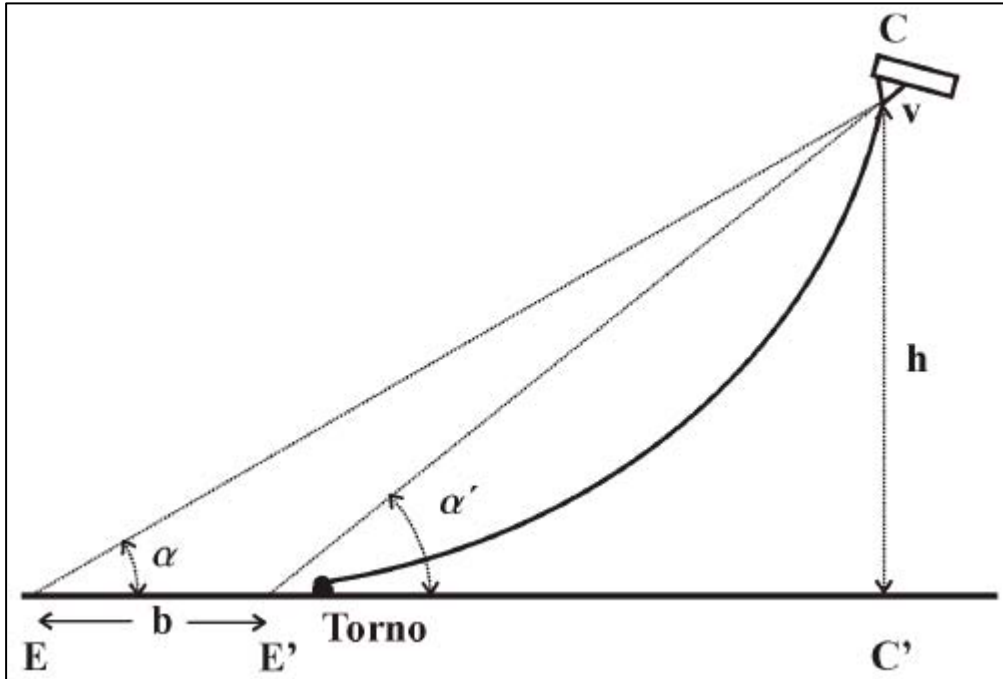


Con los datos  $\dagger\dagger'$  y  $EE' = b$ , se puede resolver trigonométrica o geoméricamente el triángulo  $EE'C'$  (proyección sobre el plano horizontal de  $EE'C$  tomado en el espacio por ambas visuales y la base), con lo que serán conocidos los catetos horizontales  $EC'$ ,  $E'C'$ , de los triángulos rectángulos  $ECC'$ ,  $E'CC'$ , pudiendo resolver éstos (puesto que se conocerá un cateto y un ángulo agudo) trigonométrica o geoméricamente, deduciendo el cateto vertical común  $CC' = H$ , que como comprobación debe resultar el mismo al resolver cada triángulo. Cada observación simultanea proporcionará, operando del modo indicado, la altura correspondiente ocupada por la cometa.<sup>33</sup>

Este procedimiento, aunque es muy exacto, presentaba algunos inconvenientes, como el de ser laborioso y precisar el visado de la cometa desde dos estaciones en tierra, esta hacía que solo se usara en determinadas ocasiones que se necesitaba una gran precisión.

Existía otro método, análogo al anterior, que era más rápido en cuanto a su aplicación.

<sup>33</sup> Francisco de P. Rojas, op. cit., pp. 93-94



En este caso, como se ve en la figura, las estaciones E y E', se encuentran emplazadas en el mismo plano vertical del cable de retención, separadas una distancia b conocida y equipadas como en el caso anterior. Desde ambas estaciones se visa la cometa en los momentos de antemano convenido anotando los ángulos de elevación  $\varphi$  y  $\varphi'$ .

$$CC' = h = EC' \operatorname{tag} \varphi = (EE' + E'C') \operatorname{tag} \varphi = b \operatorname{tag} \varphi + E'C' \operatorname{tag} \varphi$$

$$CC' = h = E'C' \operatorname{tag} \varphi'$$

$$E'C' = \frac{h}{\operatorname{tag} \varphi'}$$

Que puesto en la ecuación primera:

$$h = b \times \operatorname{tag} \varphi + \frac{h \times \operatorname{tag} \varphi}{\operatorname{tag} \varphi'}$$

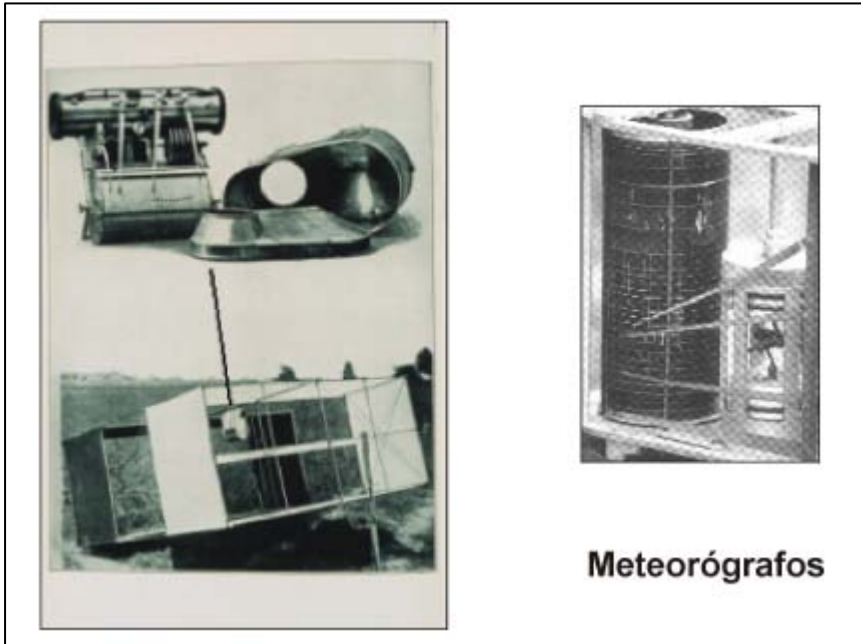
$$h \operatorname{tag} \varphi' = b \operatorname{tag} \varphi \operatorname{tag} \varphi' + h \operatorname{tag} \varphi$$

$$h (\operatorname{tag} \varphi' - \operatorname{tag} \varphi) = b \operatorname{tag} \varphi \operatorname{tag} \varphi'$$

Finalmente queda la expresión:

$$h = \frac{b \times \operatorname{tag} \varphi \times \operatorname{tag} \varphi'}{\operatorname{tag} \varphi' - \operatorname{tag} \varphi}$$

## Meteorógrafos



Meteorógrafo tipo Bosch (izquierda) y Richard (derecha)

Los **meteorógrafos**, que elevaban las cometas, era unos instrumentos de registro simultaneo de la presión, la temperatura y la humedad del aire, estos datos se grababan sobre un tambor giratorio que tenía colocado una banda de papel ahumado.

Veamos la descripción de este aparato que hace **Francisco de P. Rojas**:

"Los **meteorógrafos** usados en los diversos países son muy

semejantes... Todos constan de un aparato de relojería que comunica movimiento de rotación al cilindro portador de la hoja gráfica, en la cual trazan sus diversas curvas unos estiletes conectados por medio de palancas amplificadoras a los órganos térmico, barométrico e higrométrico, registrando así, de modo automático y a la altura alcanzada por el aparato elevado por una o varias cometas, la temperatura, la presión y la humedad del aire ambiente que a la referida altura existen, así como las variaciones que dichos elementos experimentan durante el tiempo que permanezca el meteorógrafo en el aire.

Los aparatos dispuestos especialmente para la exploración por medio de cometas o de globos cautivos, llevan, además de los órganos indicados, un pequeñísimo anemómetro con un contador de revoluciones, para conocer mediante su lectura, la velocidad media del viento mientras permanezca en el aire<sup>34</sup>"

El meteorógrafos eran de material sumamente ligero y se instalaban en una barquilla de mimbre, que amortiguaba el golpe en caso de caída.

Con esta ligera descripción nos hacemos una idea que clase de aparato se empleaba en la toma de los datos atmosféricos.

<sup>34</sup> **Francisco de P. Rojas**, op. cit. p. 90

Las cometas pasaron al olvido, y la tecnología ayudó a la ciencia, a pesar de todo, en nuestros días, a la vez que se emplean las radiosondas, los aviones y los satélites artificiales en la investigación de la atmósfera. En ciertos estudios de microclimas muy concretos, se han vuelto a emplear cometas para elevar instrumentos meteorológicos. Los tipos de cometas utilizadas son las **parafoils**<sup>35</sup>, por su gran poder sustentador y elevador de cargas útiles, unido a su facilidad de transporte, la hacen ideal para este cometido. Es bonito pensar que a pesar de los años, de nuevo este juguete se pone al servicio de la ciencia.

## Bibliografía

- **Arcimis, Augusto** "*Meteorología*" Barcelona 1901
- **Arús, Joan**, "*Fontserè i els Inicis de L'Aviació*", escrito publicado en el libro de las II Jornadas de Meteorología Eduard Fontserè editado por la ACAM Noviembre 1996.
- **García de Pedraza, Lorenzo y Giménez de la Cuadra, José Mario**, "*Notas para la Historia de la Meteorología en España*" Madrid 1985.
- **Lorente, José María**, "*Crónica de un Viaje de Estudios (1ª parte)*," Anales de la Sociedad de Meteorología, septiembre - octubre 1927. vol. I nº 5.
- **Lorente, José María**, "*Crónica de un Viaje de Estudios (2ª parte)*", Anales de la Sociedad de Meteorología, noviembre - diciembre 1927. vol. I nº 6.
- **Lorente, José María**, "*Crónica de un Viaje de Estudios (3ª parte)*", Anales de la Sociedad de Meteorología, enero - febrero 1928. vol. II nº 1.
- **Pita, Pio y Lorente, José María**, "*Meteorología Aeronáutica*", Madrid 1942.
- **Rojas, Francisco de P.**, "*Aplicación de las Cometas a la Meteorología*", Imprenta del Memorial de Ingenieros Madrid 1919.
- **Rotch, A. Lawrence**, "*Exploration of the air by means of kites*", Anales del Observatorio Astronómico del Colegio de Harvard vol. XLII parte I Cambridge University Press 1897.

---

<sup>35</sup> Tipo de 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

## Tres cometas meteorológicas usadas en el observatorio alemán de Lindenberg.

Walter Diem y Werner Schmidt<sup>36</sup>

Traducido del alemán por Manfred Oberlis.

### Cometa Normal (c.a. 1906)



### Introducción

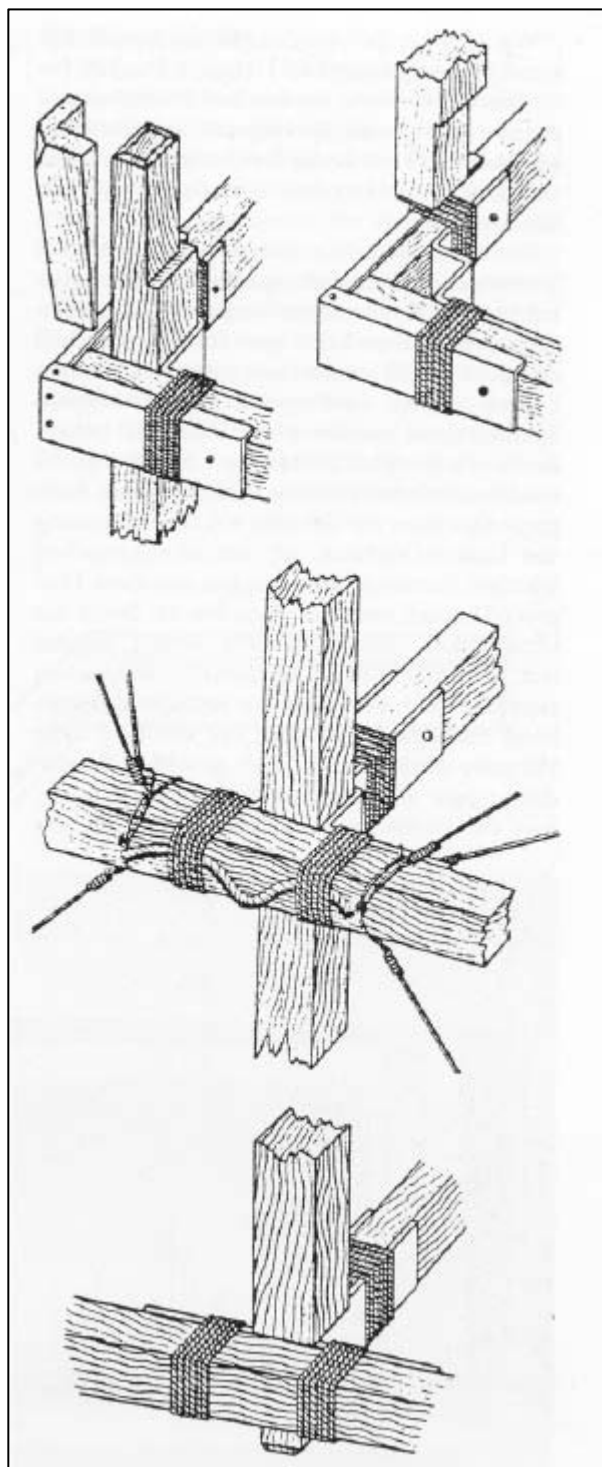
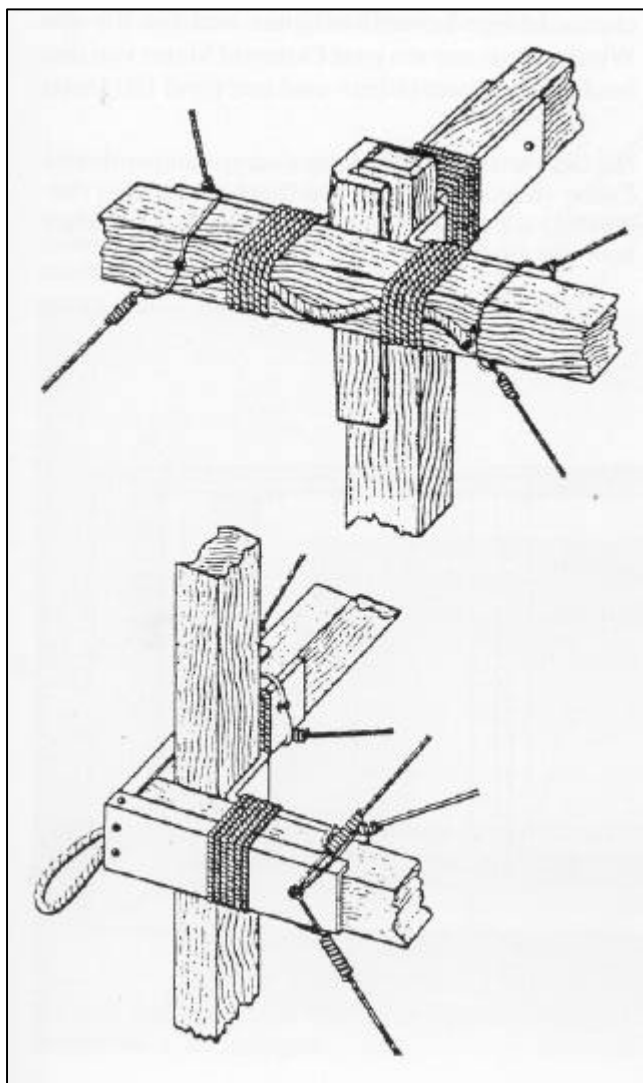
En su último comunicado, el director saliente **Richard Assmann** del observatorio de Lindenberg (Prusia, 1915), cita un artículo que dos años antes, había sido redactado por su antecesor **Otto Tetens**, que dice:

*"En el observatorio solo se usan cometas del tipo de **Hargrave**, compuestas de dos celdas y que se pueden desarmar para un mejor transporte. Con viento de mediano a fuerte se usa la cometa tipo N (normal)"*

De una tabla de este comunicado se deduce que esta cometa fue construida en tres tamaños: 4, 6, y 7 m<sup>2</sup> de superficie vélica.

---

• <sup>36</sup> **Diem, Walter / Schmidt, Werner.** " Drachen mit Geschichte" (Cometas con Historia). Hugendubel. Munich 1993. ISBN 3-88034-656-9

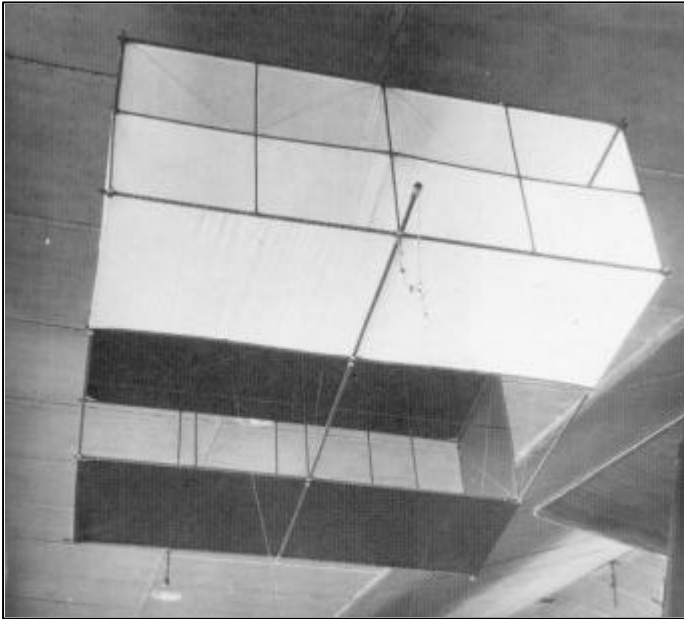


El modelo de 7 m<sup>2</sup> posee en la celda delantera una tercera vela.

Como era común en la época a las cometas celulares se denominaban **Hargrave**, aunque solo se aplicara el principio de éste, no así los detalles constructivos.

La cometa Normal, cuya versión reforzada se usaba durante las tormentas, se denominaba cometa V. Tenía superficies vélicas planas, al contrario que el modelo de **Hargrave** que poseían una cierta curvatura. El esqueleto estaba formado por varillas muy finas, reforzadas con numerosos tensores de alambre, lo que le confería una notable solidez.

Esta cometa no es tan sucesora del modelo de **Hargrave**, sino más bien el de **Marvin**, que era utilizado en le Observatorio de Blue Hill en Washington (USA).

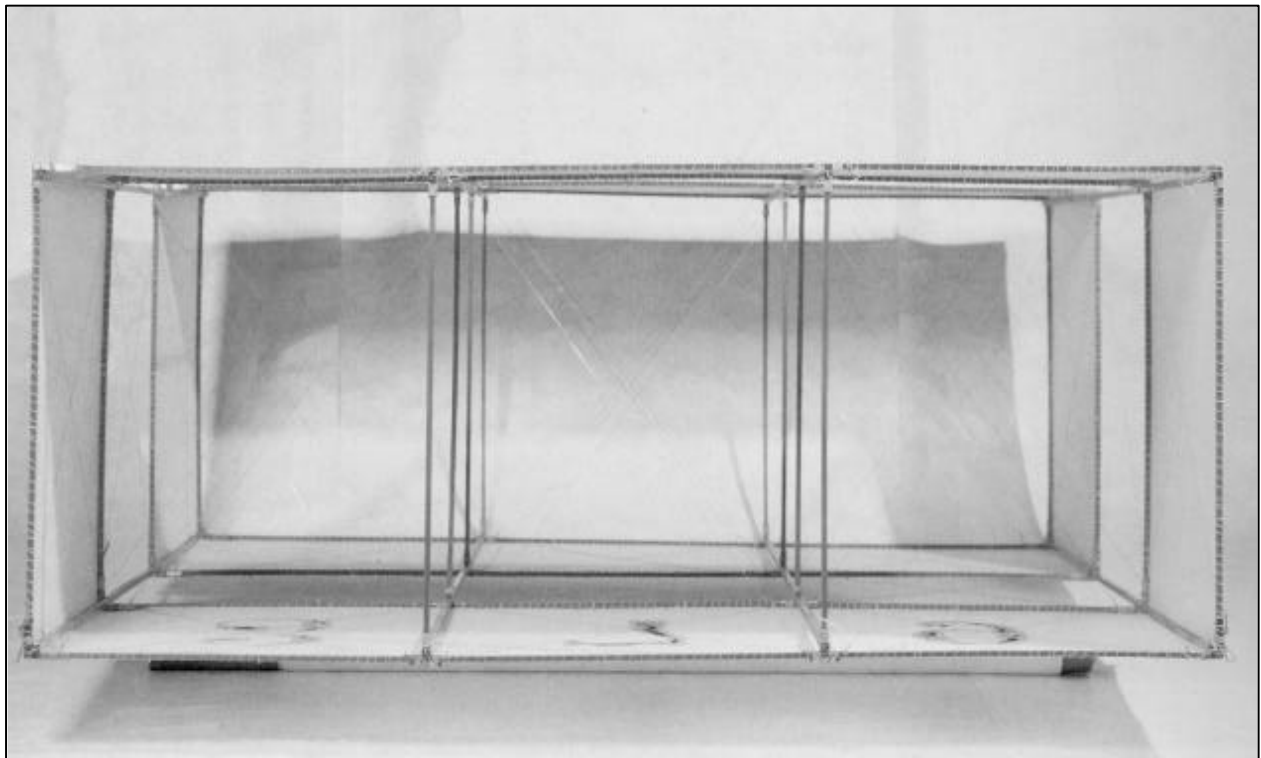


Antes que el observatorio fuera trasladado a Lindenberg, se estuvo experimento en Berlín con el modelo de **Marvin**, se modifico curvando las superficies de la celda delantera, usándose una chapa delgada. Esto perturbaba la circulación del viento, poniéndose la cometa demasiado vertical, incrementando la tracción y produciendo roturas del hilo.

Se regreso a las superficies planas, cuya versión es la que se presenta aquí.

#### Cometa de Marvin

Aun desmontada ocupa bastante espacio, los marcos rectangulares anteriores y posteriores de cada celda no se desarman. Solo se quitan los largueros.



Para el ayudante principal y el segundo ayudante, encargados de los ascensos no era dificultoso trasladar algunas decenas de metros, desde los almacenes hasta la caseta

octogonal, donde estaban los cabrestantes. Era simplemente un paquete de 190 x 85 x 10 cm.

Actualmente necesitaremos una baka portaequipajes para su transporte hasta nuestra zona de vuelo.

Por su construcción simétrica son muy estables en vuelo y si con viento fuerte ascienden torcido o cabecean se soluciona corrigiendo las bridas.

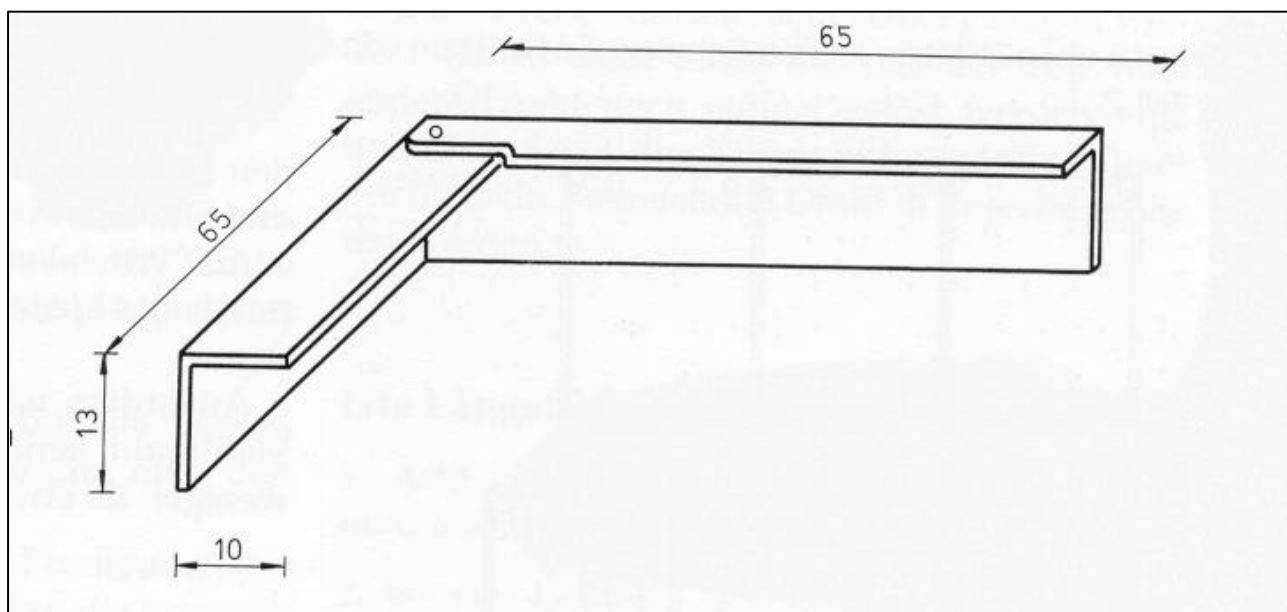
## Construcción

El esqueleto se construye de listones abeto<sup>37</sup>, con una sección de 11 x 13 mm para los largueros y de 9 x 13 para las varillas de los marcos en ambas celdas.

La vela la fabricaremos de fina tela de algodón.

Para los esquineros se utilizará aluminio de 0.5 y 1.5 mm de espesor. (Ver croquis).

Se necesitan 16 esquineros del siguiente tipo:



Y los siguientes ángulos:

<sup>37</sup> mejor abeto *Sitka*

<p><b>12 ángulos (nº 1)</b></p>	<p><b>24 ángulos (nº 2)</b></p>
<p><b>8 ángulos (nº 3)</b></p>	<p><b>4 ángulos (nº 4)</b></p>

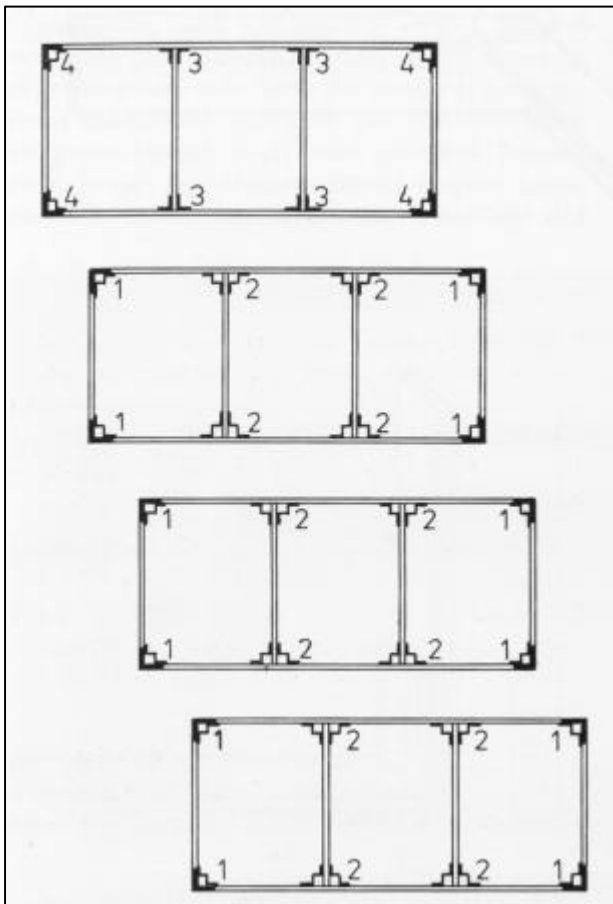
Todas las escuadras deben perforarse para alojar alambres tensores.

Asimismo se necesita cuerda de piano niquelada de 0.6 mm - 90 m.

### Los marcos de las celdas

Para cada celda se requieren dos marcos (cuatro en total), cuyos componentes quedarán unidos rígidamente.

- 1) Tomar 8 listones de abeto de 9 x 13 mm y 1895 mm de largo.
- 2) Tomar 8 listones de 9 x 13 mm y 763 mm de largo.
- 3) Tomar 8 listones de 9 x 13 mm y 740 mm de largo.
- 4) En los extremos de los listones largos, siempre en la cara más ancha se clavan los esquineros.
- 5) En los esquineros se introducen los listones de 760 mm y en tres marcos se coloca el ángulo nº 1 y se empatilla fuertemente con hilo.
- 6) En dos de los marcos, se incorpora en la empatilladura ojales de cuerda de 6 mm en su cara longitudinal para sujetar las bridas.



7) En el cuarto marco se colocan los ángulos nº 4 y se empatilla.

8) En los lados más largos de cada marco se marcan los tercios.

9) En ambos extremos de seis de las varillas de 740 mm sobre la cara más ancha. El dobléz de la chapa debe sobresalir ligeramente de los extremos del listón.

10) Los listones se colocan en los primeros tres marcos y se empatillan de manera que los listones coincidan con las marcas al tercio.

11) En las caras más anchas de los dos últimos listones de 740 mm se colocan dos ángulos nº 3, de manera tal que los esquineros sobresalgan 14 mm del extremo del listón.

12) Los listones se sujetan con los ángulos al cuarto marco coincidiendo con las marcas al tercio. Para controlar la correcta ubicación de todos los ángulos esos están numerados en el croquis. El marco superior representa el último de la cometa.

13) Todos los listones se perforan a través de los agujeros de los ángulos, con una mecha de 2 mm.

## Alambres tensores de los marcos

Como era común en las cometas de la época, se debe tensar con alambres en todas direcciones, se obtiene así, a pesar de la delgadez de los listones, un conjunto sólido que no se retuerce. En la primera etapa, en cada marco se colocan 3 alambres diagonales en forma de cruz.

1) Colocar el marco a alambrar sobre una superficie plana, verificar los ángulos rectos a escuadra y medir las diagonales, que deben ser iguales. El marco se sujeta por lo menos dos puntos con sargentos de carpintero o similares.

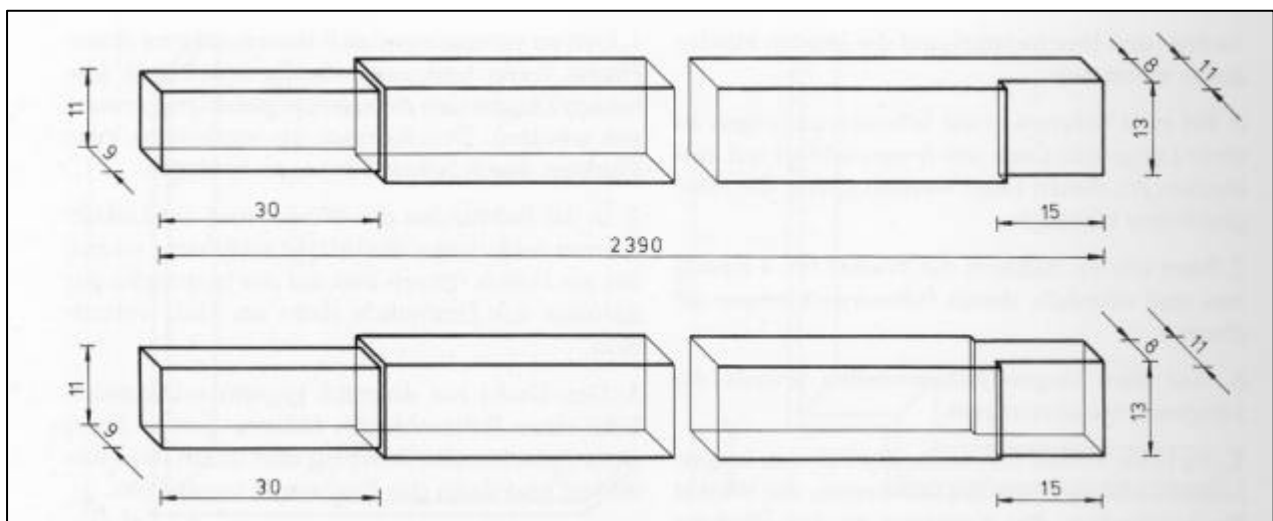
2) En los agujeros de los ángulos y los listones se coloca alambre de acero de 0.6 mm, se rodea la madera y se retuerce en la cara interna.

3) Llevar el alambre a la esquina opuesta en diagonal, se rodea en forma de ocho al herraje, por la madera y se cierra. Todos los alambres deben tener la misma tensión. Los esquineros deben permanecer a escuadra y los listones no se deben torcer.

## Los largueros

1) Tomar 8 listones de abeto, de 11x13 mm y 2400 mm de largo.

2) En cuatro listones (los que corresponden a las esquinas) se hacen en sus extremos diferentes rebajes según el siguiente croquis:



En el extremo que tiene el rebaje de 30 mm. se marca con una A.

3) En los otros cuatro listones (los centrales) también se efectúa rebajes de 30 mm.

2) Los rebajes hacia un lado y dos hacia el otro. Se marca con Ai-Ad (izquierda y derecha)

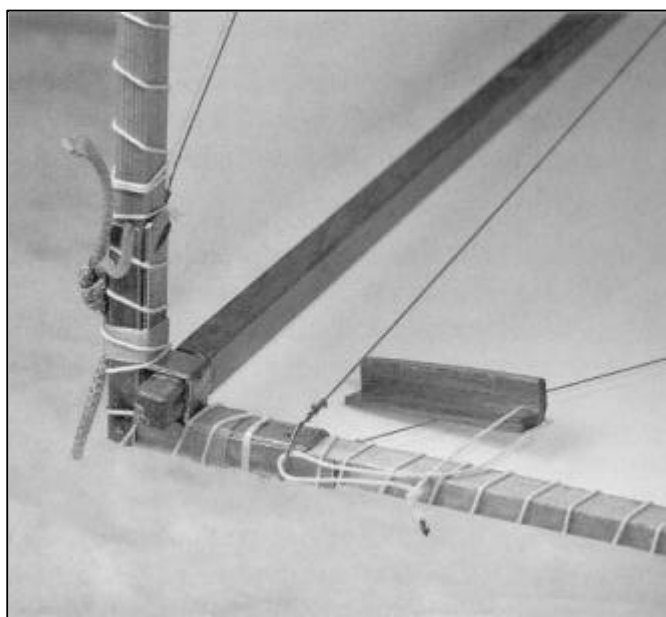
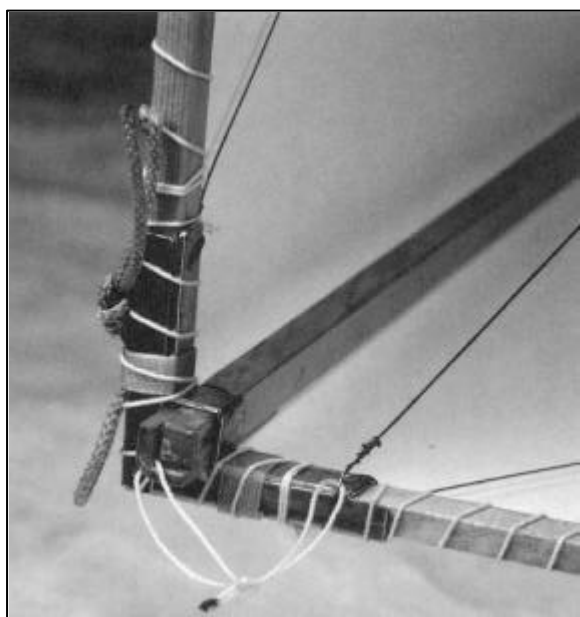
4) En los otros extremos de los listones centrales, en las caras más angostas se hacen rebajes de 1.5 mm con un largo de 15 mm, reduciendo la sección del listón a 8 x 11 mm.

5) Barnizar todos los listones.

6) Con un listón madera dura de 15 x 15 mm, se cortan 8 trozos de 60 mm de largo.

7) Estos listoncitos se rebajan por una cara para obtener cuñas.

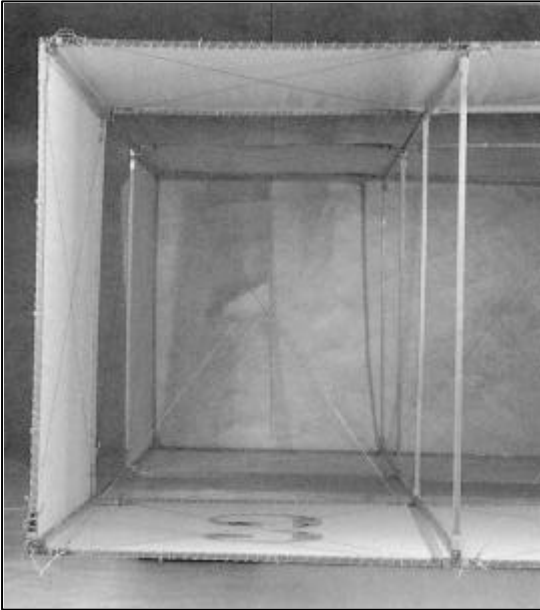
8) Se atan las cuñas a los ojales con cuerda de 200 mm y se barnizan.



## El alambrado del conjunto

1) Se disponen los marcos armados en las secuencias correctas (el marco distinto corresponde al último de la celda trasera). Se colocan los largueros y se acuña todo.

2) Fijar ambos marcos centrales en la posición correcta atándolos con hilo. La distancia del borde interno del marco al extremo es de 840 mm.



3) Disponer el conjunto a escuadra y fijarlo con sargentos para que no se deforme al colocar los alambres.

4) La cara superior de la estructura se alambra en diagonal, son nueve cruces con alambre, cuyos extremos pasan a través de los agujeros de los herrajes y listones, se cierra con torsión.

Los alambres deben tener tensión pareja, uno solo demasiado tenso saca al conjunto de la escuadra.

5) Dar vuelta a la estructura, escuadrar en todas direcciones y prensar de nuevo.

6) Repetir la operación con otras nueve cruces de alambre.

7) Sin cambiar de posición la cometa, en cada cara lateral se colocan tres cruces de alambre con igual tensión.

8) Sacar el conjunto de los sargentos, volcarlo sobre una cara lateral y verificar que este a escuadra.

## La vela

El modelo N se construía en tres tamaños (4, 6 y 7 m<sup>2</sup>)

El que estamos construyendo tiene 6 m<sup>2</sup>, (2,40 de alto, 1,90 de ancho y 0,79 m de largo).

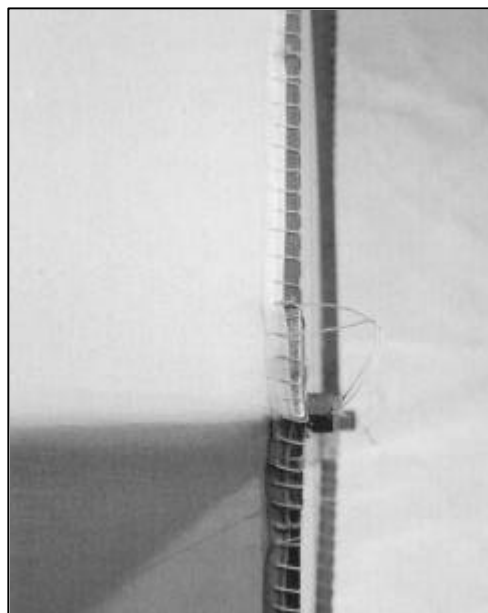
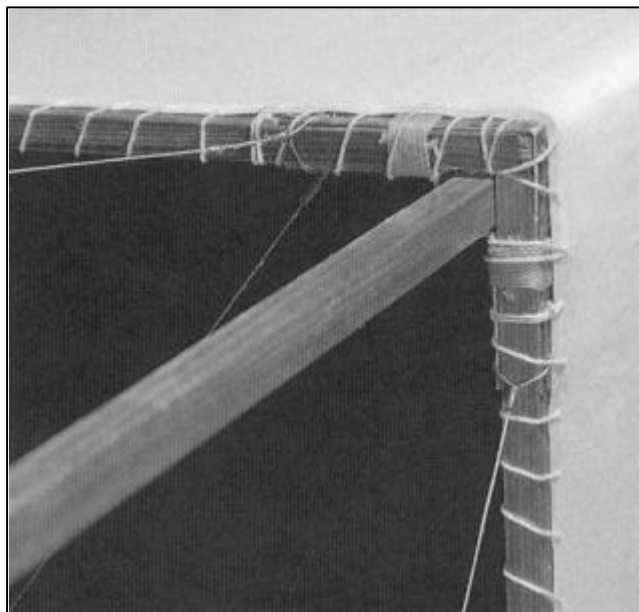
Las celdas tienen una altura de 0.82 m, se confecciona de tela de 1,30 m de ancho.

1) Para cada una de las celdas, se corta una tira de 5840 mm de largo por 860 mm de ancho.

2) Cada una lleva en los bordes más largos un dobladillo de 20 mm.

3) Coser la tira para cerrarla. Debe medir 5430 mm.

## Sujeción de la tela al marco



- 1) Presentar el borde de la vela al marco con la costura centrada y coser con puntadas largas de 15 mm al borde del marco. Cada 150 mm se hace un nudo en la costura.
- 2) Coser el otro lado de la vela al segundo marco.
- 3) Se repite la operación en la segunda celda.

## Las bridas

- 1) En los ojales de la celda delantera se colocan cuerdas de 5500 mm y se anudan axialmente.
- 2) En los ojales del marco trasero de la celda delantera se colocan cuatro cuerdas de 4500 mm y se anudan axialmente.
- 3) Entre ambos nudos se intercala una goma de 500 mm y 6 mm de diámetro.
- 4) El hilo de la cometa, se sujeta al nudo delantero, la goma confiere elasticidad para absorber ráfagas.

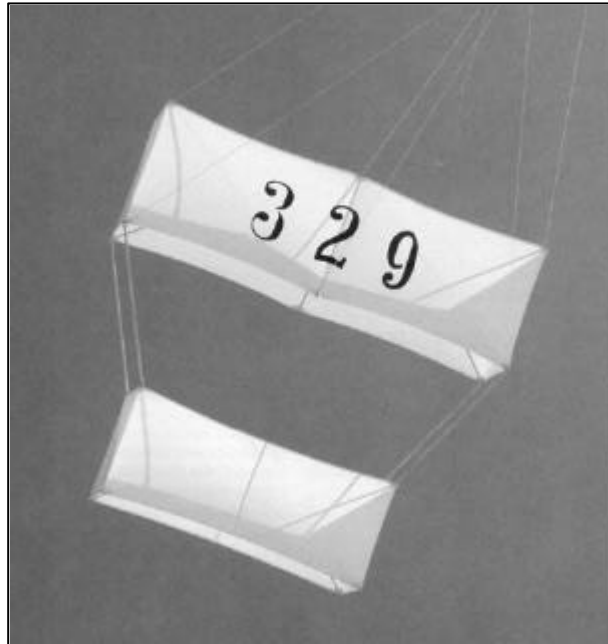
## Lista de materiales

- Listones de abeto 11 x 13 mm ocho de 2000mm.

- Listones de abeto 11 x 13 mm dieciséis de 800 mm.
- Listones de abeto 9 x 13 mm ocho de 2500mm.
- Listones cuadrados de madera dura 15 x 15mm. 600 mm largo para cuñas.
- Tela de algodón 11m de 1.30 de ancho.
- Chapa de aluminio, 0.5 mm de espesor 400 x 500 mm.
- Alambres de acero cromado 0.6 mm unos 90 m.
- Hilo de coser.
- Goma de 6 mm.



## Cometa Paraguas (c.a.1910)



### Introducción

Uno de los más espectaculares ascensos que se realizaron con cometas, en concreto con un tren de ocho, se describe en el protocolo de ascenso escrito en 1922 por **Georg Stuee**, en el Observatorio de Lindenberg, en él leemos:

*"Existía un viento débil en superficie y una capa de nubes (estratos), no percibiéndose corriente de aire alguna, por lo que decidí un ascenso con un globo, pero la gran derivación en altura me decide a recogerlo.*

*Continuamos con una cometa ligera de 10 m<sup>2</sup> y el alambre mas fino, a pesar de ser un equipo liviano, se emplea una media hora en desenrollar los primeros 1500 m. de alambre. Desaparece de la vista entre los estratos a 950 m. de altura. Más tarde se disolvieron los estratos pero la proximidad del sol dificultaba la visión. Ascenso lento, las cometas superiores tiran a los que siguen debajo por hallarse aun fuera de la zona de viento.*

*Cometas auxiliares: de 8 m<sup>2</sup> con excepción de una de 5 m<sup>2</sup>.*

*A las 9 a.m. los estratos se habían disuelto lo suficiente para efectuar una medición de velocidad de viento.*

*A 8000 m. de altura, 17 m/s, velocidad optima para un ascenso a gran altura.*

Continuamos el ascenso, en el aire había 8000 m. de alambre y 47 m<sup>2</sup> de superficie vélica de cometas. A las 11,15 a.m. se vació el carrete: 15000 m. de alambre entre un diámetro de 0,6 hasta 1,0 mm y 8 cometas con 63 m<sup>2</sup> de superficie. Peso total 115 kg.

El dinamómetro también marcaba 115 Kg. Al recoger, viento noroeste mas fuerte con un centro de baja presión, aumenta la tensión a 143 kg.

A los 9190 m. se traba el resorte del barómetro contra la carcasa de este. Por tanto el mayor ascenso no queda registrado, pero la curva de la temperatura presenta un descenso de -34 a -37 ° C, lo que indica una altura máxima de 9750 m.

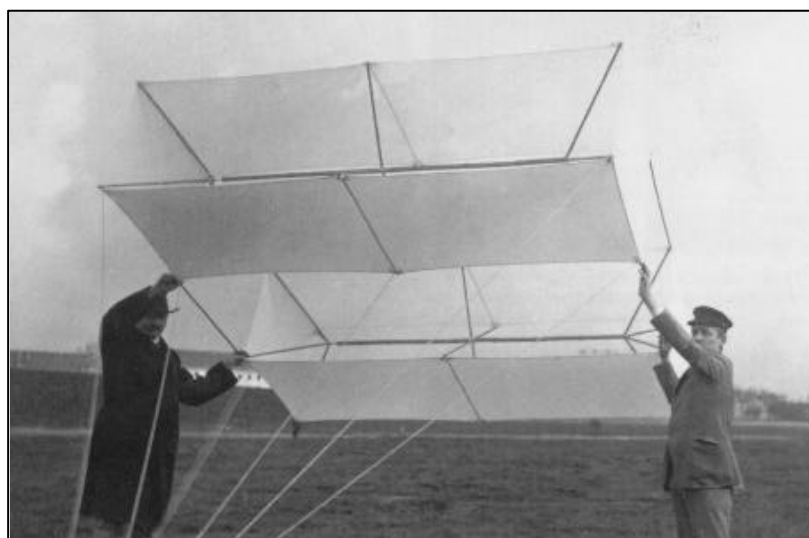
Récord del 1 de agosto 1919. desde 6:26 a.m. hasta 12:11 p.m."

## Construcción

Las Cometas empleadas en este ascenso, eran del tipo "Schirm-Drachen" (cometa paraguas), introducido en 1910 por el maestro carpintero constructor de cometas **Otto Schreck**.

El modelo tipo S, fácilmente desmontable, ocupaba poco lugar, por lo que fue usado en muchas expediciones.

Como su nombre indica emplea un sistema similar al del paraguas. El eje de cada celda consta de una vara de bambú en cuyo extremo hay una varilla roscada con tuerca moleteada que empuja las crucetas contra las esquinas de la tela. Se trata de una estructura, que se asemeja al de un esqueleto óseo, suelta en el interior, que tensa una red de alambres que confieren solidez al conjunto.



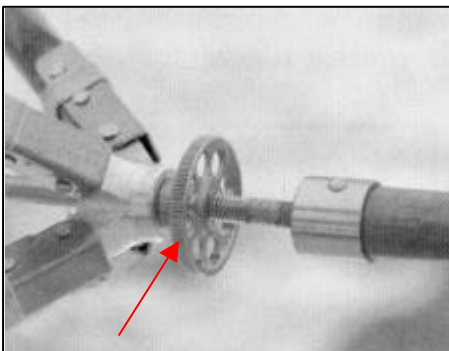
Modelo SD 8 de Cometa de Paraguas, según foto del catalogo de la firma Otto Schreck & Co

En la cometa empleada en el récord de altura, la celda posterior era igual a la anterior. Existía otro modelo de 7 m<sup>2</sup>, cuya celda posterior era más pequeña. Éste será el que construiremos.

Las varas de bambú de 20 a 23 mm constituyen la columna vertebral de las celdas. Para las crucetas se requiere bambú de 14-16 mm diámetro y además se necesitan 4 varas de 14-16 mm para mantener separadas las celdas en sentido longitudinal.

### Construcción de las varas vertebrales

- 1) Varas de bambú de 20 a 23 mm diámetro, para la celda delantera. Dos trozos de 735 y 700 mm de largo. Se recomienda efectuar el corte a la misma distancia entre nudos para obtener igual flexión.
- 2) Empatillar los extremos para evitar que en el trabajo posterior estalle el bambú.
- 3) Encolar en los extremos tacos de madera de 60 mm de largo.
- 4) En uno de los extremos de cada vara, colocar roscas de bronce bien ajustadas.
- 5) Tomar un tubo de aluminio, cuyo diámetro interior se ajuste al bambú de 150 mm de longitud. Limpiar la rebaba del corte. Colocarlo a la mitad de la vara.
- 6) El Tubo se perfora por el centro dos veces con un taladro de 4 mm diámetro a 100° y 80°.
- 7) En el extremo libre de la varilla mas larga se hace agujero de 8 mm diámetro y una profundidad de 30 mm y se coloca un perno de 40 mm.
- 9) Perforar todo con un taladro de 3 mm diámetro. Se remacha para evitar el giro.



10) En un extremo de la varilla mas corta se agujerea al centro con un taladro de 8 mm diámetro y una profundidad de 70 mm. Se coloca una varilla roscada M8 hasta una profundidad de 70 mm.

11) Remachar todo lo anterior transversalmente.

12) Hacer confeccionar por el tornero arandela tuerca moleteada grande y enroscarla a fondo. (ver foto)

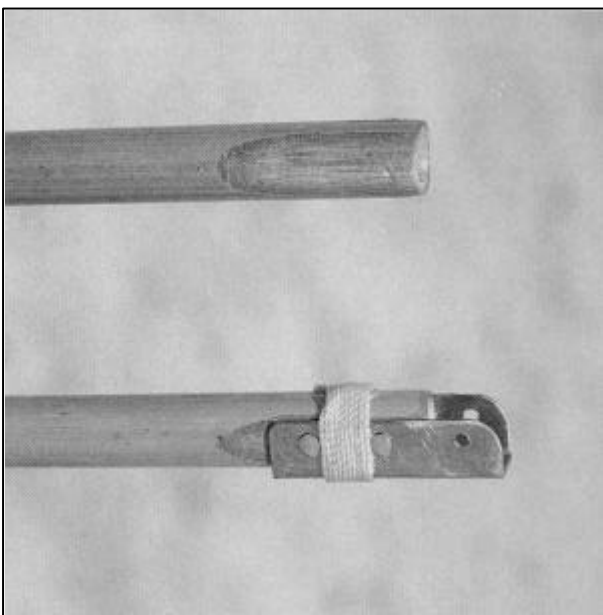
13) Para la celda posterior se emplea una vara de 750 mm con un diámetro de 20 mm. En un extremo se coloca un perno metálico y en el otro una varilla roscada con la arandela tuerca moleteada, como se ha dicho anteriormente en los pasos 1 al 10.

## Las crucetas

1) Se toman varillas de 14-16 mm de diámetro: ocho de 740 mm de longitud y ocho de 630 mm.

2) Empatillar con hilo ambos extremo de todas las varillas.

3) Encolar tacos de madera en ambos extremos de las varillas.

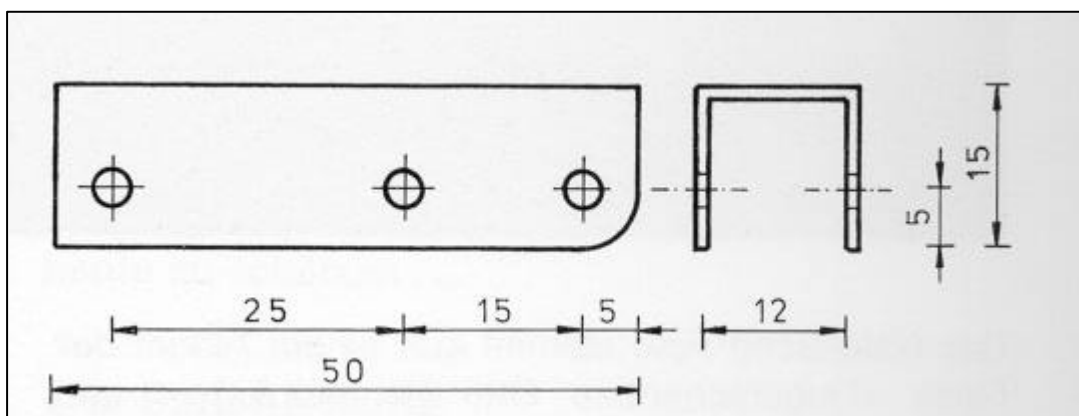


4) En un extremo de las varillas, después de que se haya secado la cola, se elimina el empatillado y se liman dos planos paralelos. Rebajando a 12 mm espesor. Lijar prolijamente la curva.

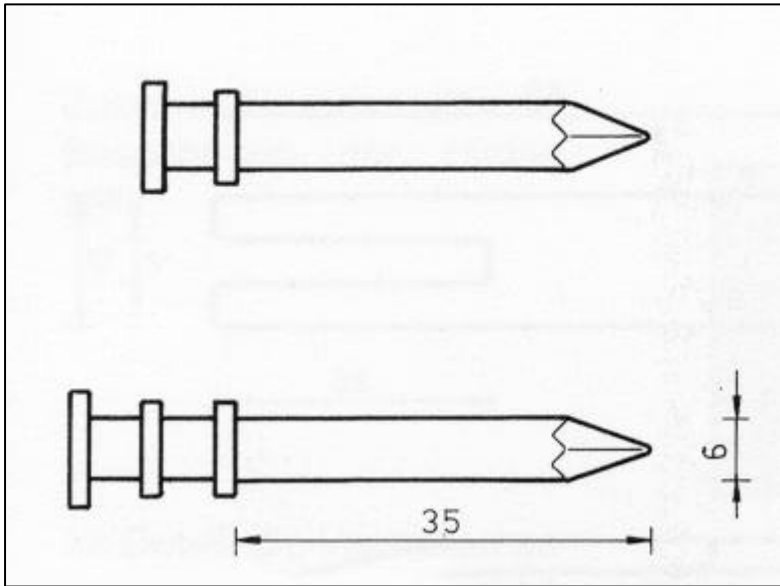
5) Con chapa de bronce de 1 mm se confeccionan las piezas en U.

6) Estos conectadores en U se colocan sobresaliendo 20 mm y se remachan.

7) En el extremo libre de la chapa se efectúan agujeros de 3 mm diámetro, que servirán para alojar los ejes de la articulación paraguas.



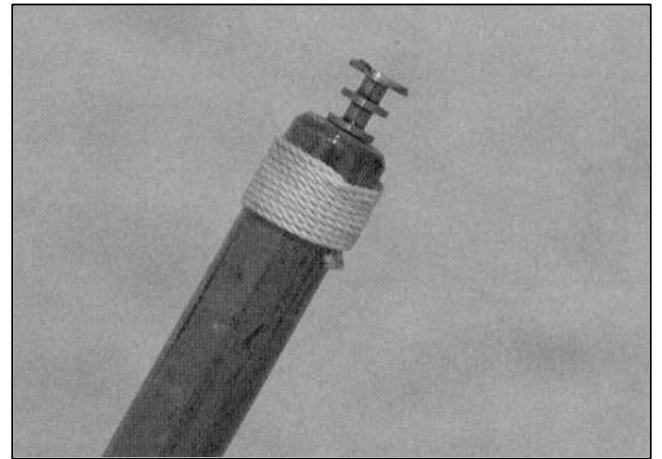
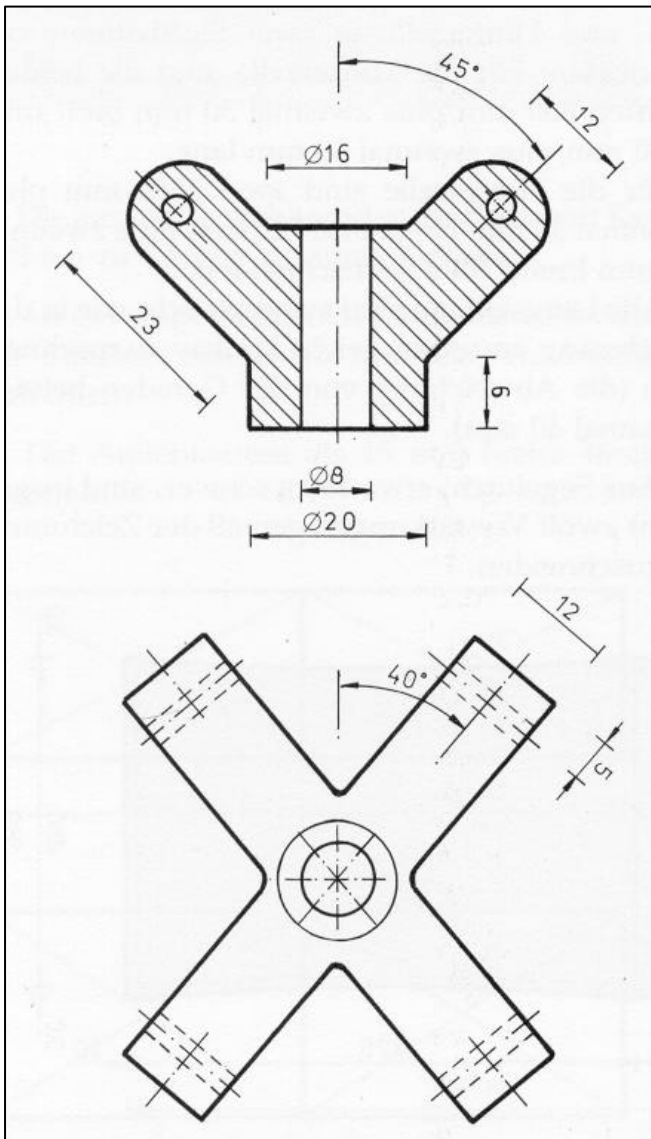
**Conector en U**



8) En los tacos de los extremos libres, se hace agujero de 4 mm diámetro a una profundidad de 20 mm.

9) De bronce duro se tornean los clavos (Ver figura): 12 cabeza doble y 8 de cabeza triple.

10) Introducir los clavos en los extremos de las cañas.



11) Con duraluminio construir cuatro cabezas según el croquis siguiente. (Ver figura de la izquierda).

12) Colocar crucetas de a pares clavos dobles un par y triples otro par.

### Las crucetas centrales de la celda delantera

1) Para dar rigidez al centro de la celda delantera se cortan cuatro varas de 530 mm cada una de 14 a 16 mm diámetro.

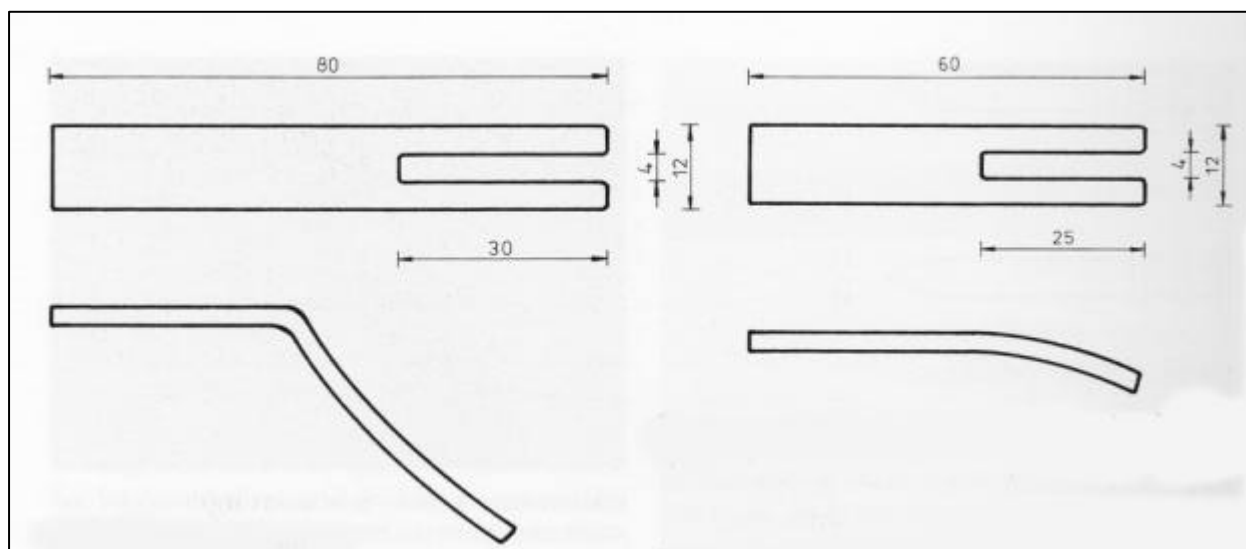
2) Todos los extremos se empatillan con

hilo o se barnizan

- 3) Encolar tacos de madera en ambos extremos de las varillas.
- 4) Uno de los extremos de cada varilla se hace cóncavo con escofina o un taco de ½ caña con lija, para que se adapte a la circunferencia del tubo de aluminio de la varilla central.
- 5) Agujerear cada extremo cóncavo con un taladro de 3 mm diámetro con una profundidad de 15 mm.
- 6) Introducir en estos orificios tornillos para madera de tal forma que sobresalgan 1 cm (3x35).
- 7) Cortar las cabezas de estos tornillos y redondear los extremos.
- 8) En los otros extremos se agujerea con un taladro de 4 mm diámetro con una profundidad de 20 mm. Se colocan clavos de bronce de cabeza doble.

### Separadores de las celdas

- 1) Con bambú de 14-16 mm diámetro se cortan 4 varillas de 1030 mm.
- 2) Empatillar los extremos con hilo.
- 3) Encolar con tacos de madera todos los extremos a una profundidad de 60 mm.
- 4) Hacer plano en todos los extremos a 50 mm. (Atención, todos en la misma dirección).

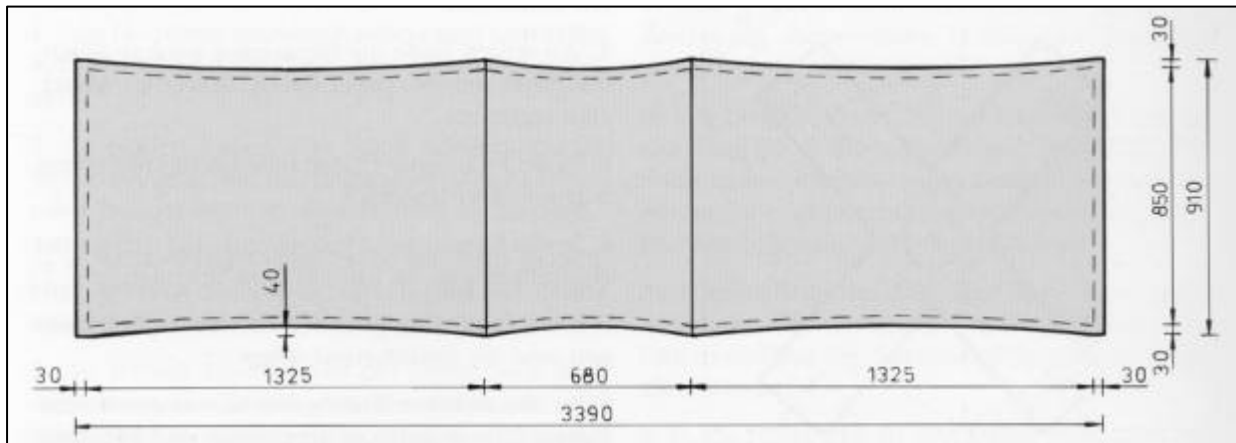


- 5) Con chapa de bronce de 2 mm se confeccionan 4 ganchos de cada medida. Según figura anterior.
- 6) En cada extremo aplanado se remacha una de estas horquillas. Atención, todos en la misma plano.
- 7) Empatillar todo y barnizar.

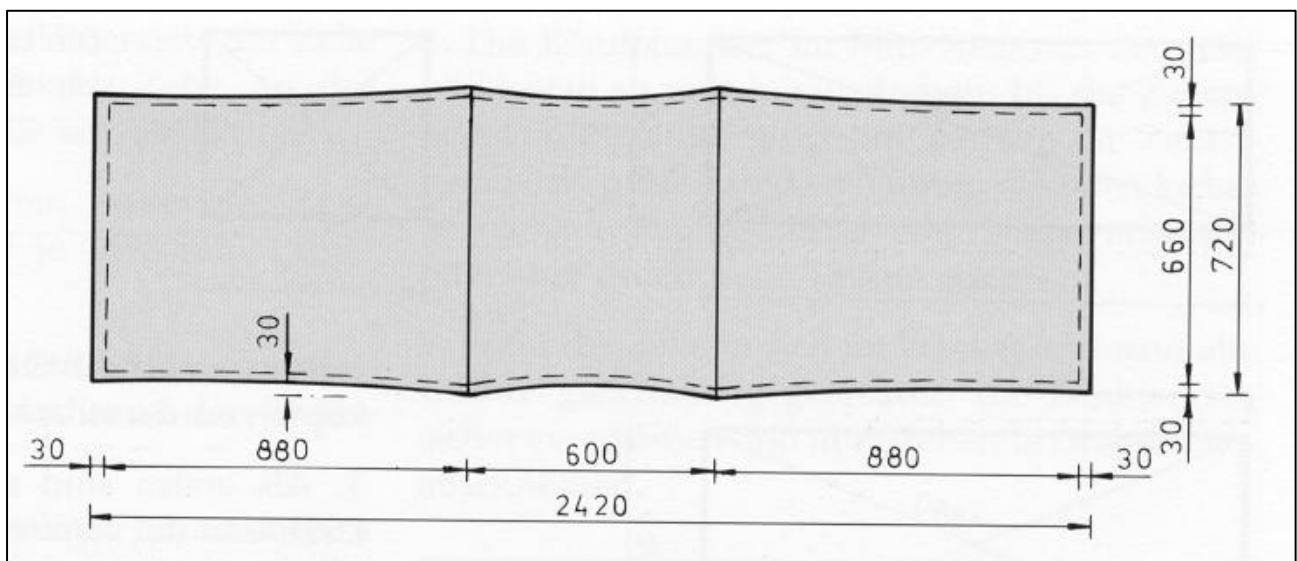
## La vela

- 1) Cortar 2 tiras de tela de algodón, compacto y ligero.

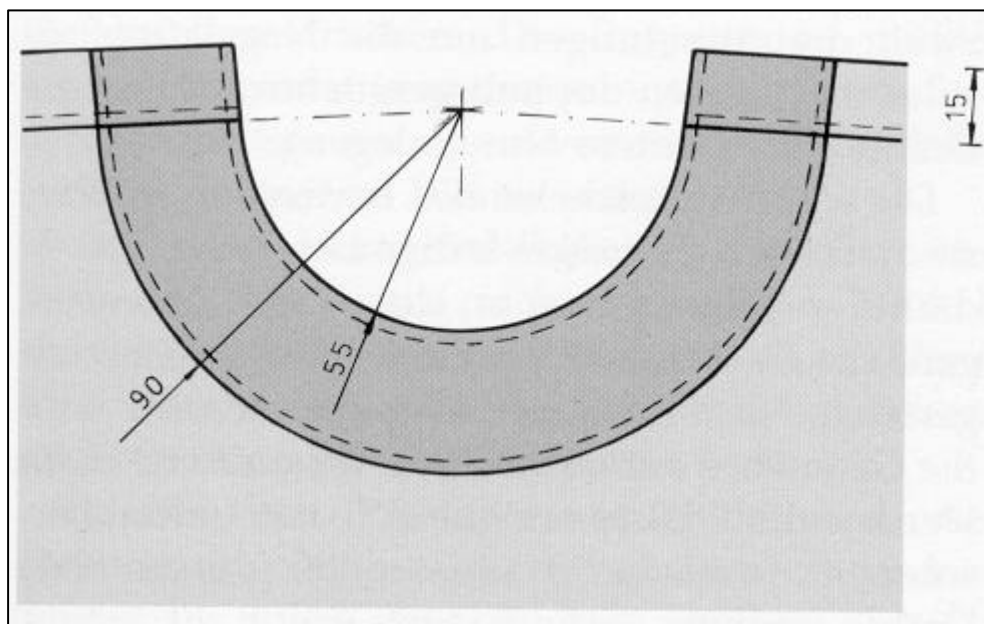
**Celda delantera:** dos piezas de 3390 x 910 mm, estas medidas incluyen 30 mm en cada borde, para el dobladillo.



**Celda posterior:** 2 tiras de 2420 x 720 mm. Todos los bordes son simétricos, ligeramente cóncavos (con una flecha máxima de 4 cm).



2) Con loneta de 180 g se cortan 12 refuerzos, según croquis, en forma de U.



**Refuerzo en forma de U**

- 3) Coser ambas mitades de cada celda (costura doble).
- 4) Coser los extremos en todas las esquinas.
- 5) Los bordes externos tienen un dobladillo cosido de 15 mm.

## Los tensores

Como en la mayoría de las cometas usadas para fines meteorológicos, las celdas se aseguraban mediante tensores, dentro de cada celda y también entre las mismas. Se utiliza cuerda de piano cromada de 0.7 mm.

Los tensores se disponen en cruz siempre en el lado que incide el viento y también en la entrada y salida de cada celda. Asimismo se introducen alambres en todos los dobladillos.

Para que la tensión sea pareja, todos los alambres deben ser iguales. Esto se consigue con ayuda de una plantilla de madera y colocándolos enseguida o marcándolos.

- 1) En una tabla de 2 m. de largo con 2 clavos. Uno lo dejaremos fijo y el otro se cambiará de posición según la longitud necesaria.

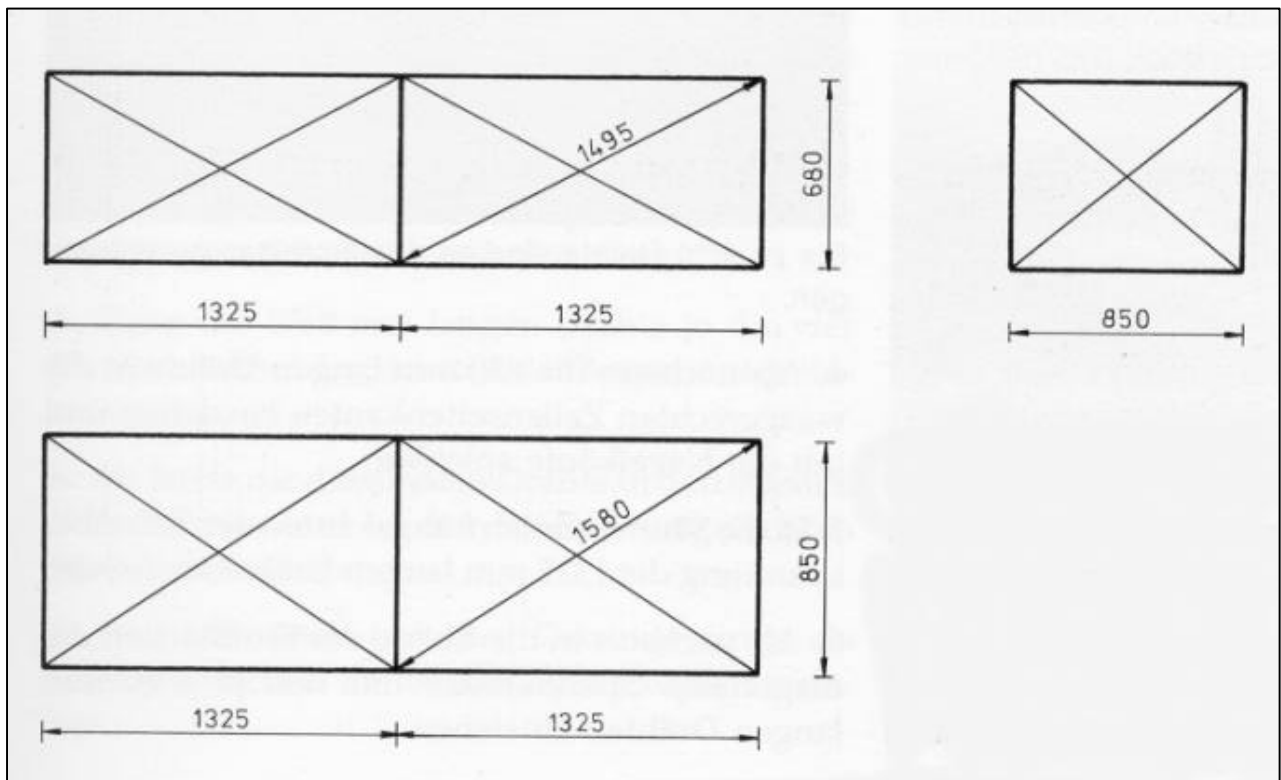
2) El alambre se dobla en ángulo agudo mas 10 mm de chicote.

### Armado de los alambres en la celda delantera

1) Se despliega la tela de la celda.

2) Se coloca el esqueleto de manera tal que, las crucetas tensoras se disponen de tal forma que los ángulos menores queden hacia afuera lateralmente y que las crucetas con clavos de igual cabeza, estén en el mismo lado.

3) Primero se colocan los alambres de 680 mm en las esquinas verticales y se dan dos o tres vueltas alrededor de las cabezas de los clavos. En los clavos con dos rebordes se colocan en el más cercano a la caña, se verifica la geometría de la celda y se cierran los alambres.



4) Se colocan los alambres de 850 mm en los bordes horizontales laterales y se rodean las cabezas de los clavos.

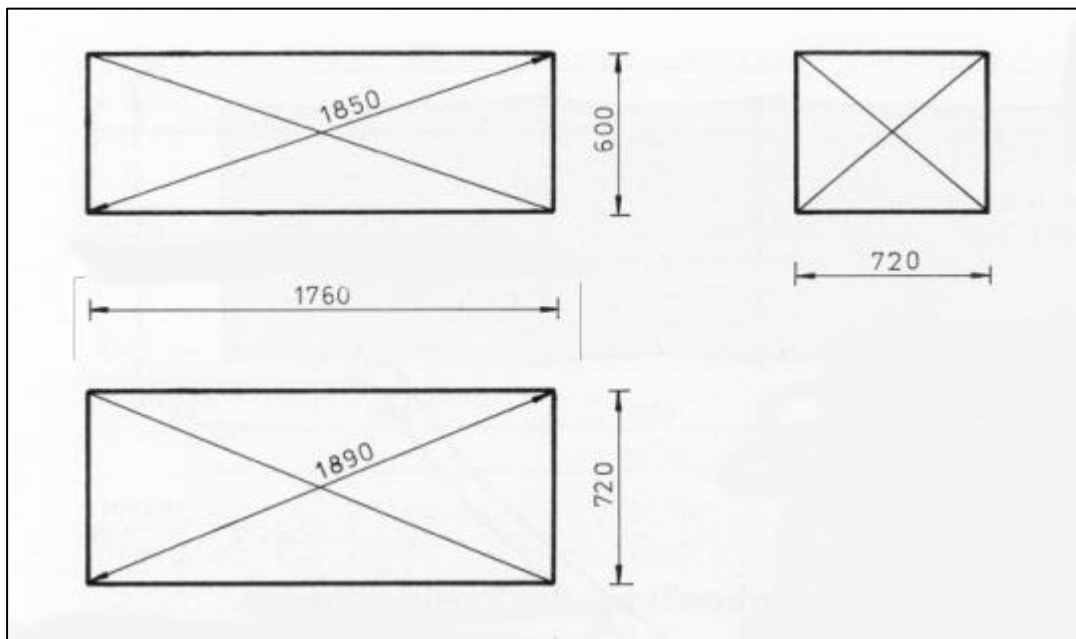
5) Se colocan los alambres en los bordes laterales anterior y posterior de 1325 mm.

6) En la superficie de la tela se ponen las diagonales de 1580 mm. En la cara inferior de la celda, el alambre va por debajo del lado superior y por dentro de la celda.

- 7) En los lados abiertos de la celda, colocar 8 alambres de 1495 mm.
- 8) Colocar las crucetas centrales y poner los alambres en el perímetro.
- 9) Ajustando la tuerca moleteada y tensando la cruceta se controla la geometría y que los alambres tengan igual tensión. Si esta todo bien se cierran los alambres con dos vueltas y se corta lo que sobra.

### Los alambres de la celda posterior

- 1) Desplegar la tela.
- 2) Se coloca el esqueleto de manera tal que las crucetas de igual clavo hacia el mismo lado.
- 3) Se colocan los alambres de 600 mm en las costuras verticales exteriores y se dan dos o tres vueltas alrededor de los clavos.

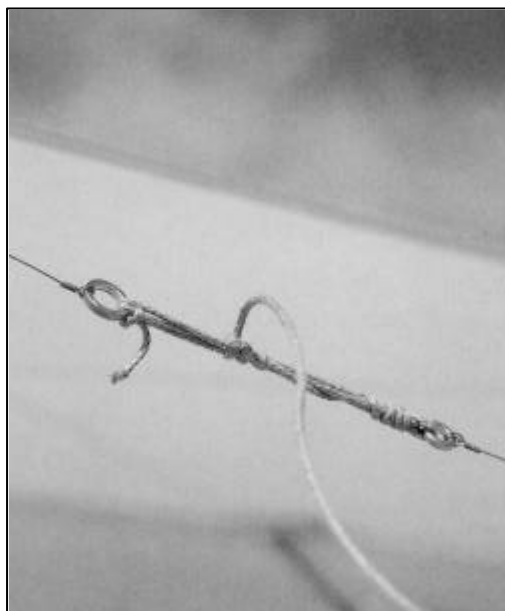


- 4) Los alambres de 720 mm se colocan en las costuras horizontales laterales.
- 5) Después se ponen los alambres de 1760 mm en los cuatro bordes longitudinales.
- 6) Por último los alambres diagonales en los lados abiertos y en las caras horizontales.
- 7) Colocar la varilla central, empezando por la rosca.

8) Ajustar la tuerca y tensar controlando la geometría.

9) Cerrar los alambres, cortar chicotes al ras.

### Los alambres entre celda



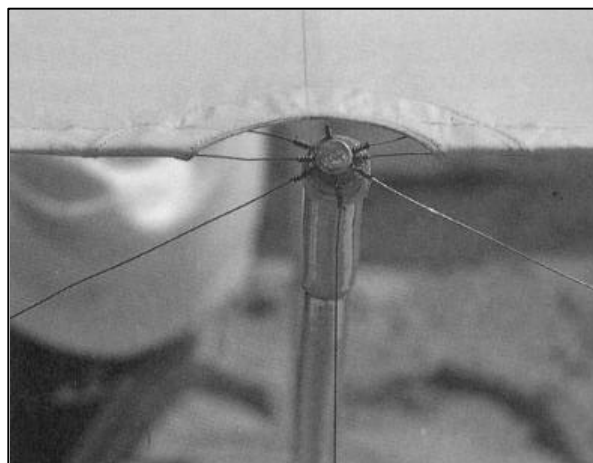
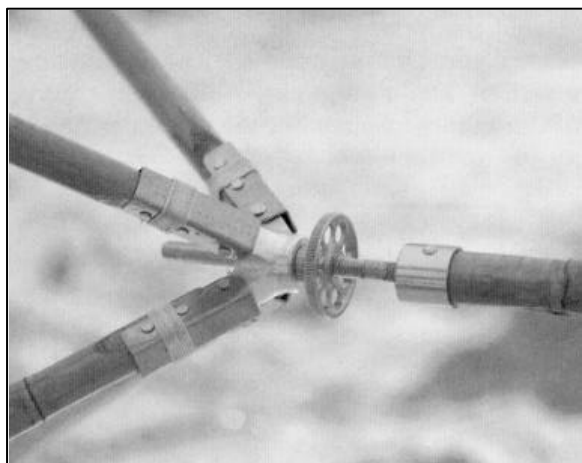
1) Presentar a las celdas de manera tal que los clavos con doble rebaje se enfrenten.

2) En las cabezas de estos clavos de la celda anterior, se colocan chicotes de alambre de 200 mm.

3) Colocar en los extremos libres pequeñas argollas de aluminio.

3) ● (Ver foto). En las esquinas delanteras de la celda posterior se colocan cuatro alambres de 2000 mm, cuya longitud final se regula después del armado de ambas celdas. Entre las argollas del alambre largo y el chicote corto se dejan 150 mm

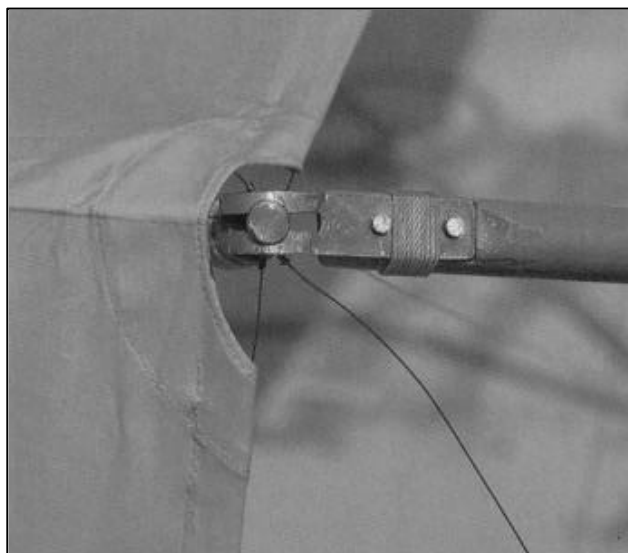
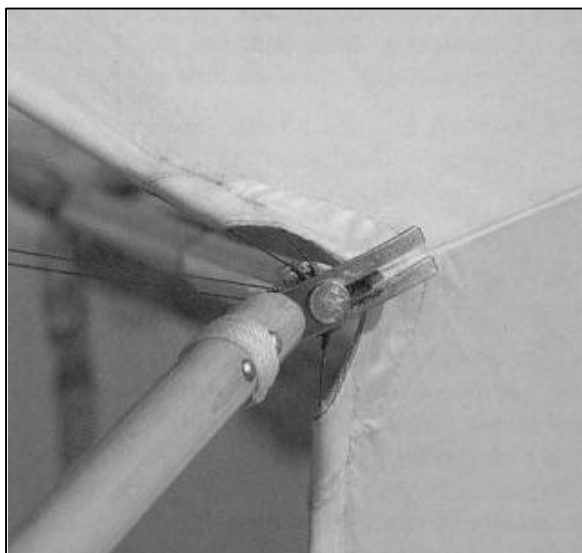
libres para la cuerda de regulación.



### Armado de la cometa

1) Desplegar la celda delantera, introducir la varilla central con la varilla roscada en la cruceta. Ídem en el lado opuesto. Colocar la cruceta central prestando atención que los ángulos mayores queden hacia arriba y abajo.

- 2) Tensar la celda.
- 3) Colocar las cuatro crucetas con los ganchos curvos en el rebaje superior de los clavos.
- 4) Desplegar la celda posterior de tal manera que los clavos de ranura doble apunten hacia la celda delantera.
- 5) Los ganchos curvos de las crucetas, se introducen en los clavos con doble rebaje. Ahora es cuando se colocan las varillas centrales y se tensan las celdas.
- 6) Los alambres tensores entre celdas se enfrentan y se tensan mediante la cuerda. Para fijar las crucetas con cabeza de clavo, las celdas deben quedar bien alineadas.



## Las bridas

Dada su construcción, la cometa esta tan bien equilibrada, que se puede sujetar la cuerda directamente a la estructura en un solo punto. Pero para repartir mejor la fuerza se agarrarán en 6 puntos en cara inferior de celda delantera, por medio de bridas.

- 1) En el borde anterior de la celda, se emplea cuerda de 3 mm de diámetro y de longitud de 5200, 5050 y 5200 mm. Sujetas en los extremos de crucetas delanteras.
- 2) Éstas tres bridas se juntan en el centro y se atan.

3) En el borde posterior se colocan bridas de 4300, 4050 y 4300 mm y igualmente se anudan en el centro.

4) Una tira de goma de 6 mm de diámetro y 500 mm de longitud con 2 lazos, se intercala entre las dos cuerdas de 500 mm de longitud y 3 mm diámetro.

5) Esta combinación de goma y cuerda se intercala entre las bridas delanteras y posteriores. La cuerda se sujetará en el punto delantero, quedando la goma intercalada en la parte posterior de la brida. Este sistema permite que se regule solo.

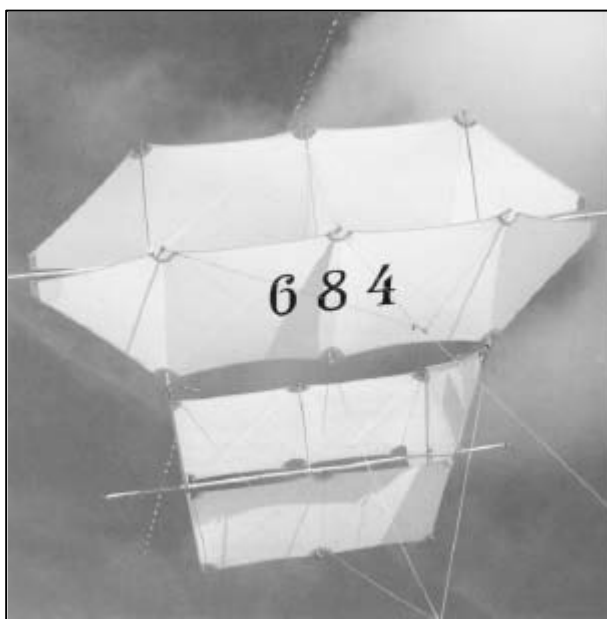


## Lista de materiales

- Caña de bambú:
  - 3 trozos de 800 mm de longitud y de 20-23 mm de diámetro.
  - 16 trozos de 800 mm de longitud y de 14-16 mm de diámetro.
  - 6 trozos de 1200 mm de longitud y de 14-16 mm de diámetro.
- Tacos de madera.
- Tubo de aluminio con un diámetro interior ligeramente inferior al bambú de 150 mm.
- Tubo de bronce con un diámetro interior ligeramente inferior al bambú con una longitud de 200 mm.

- 2 pernos de 8x40 mm.
- 2 varillas roscadas M8x150 con tuerca moleteada.
- Chapa bronce:
  - 1 mm espesor de 200x200 mm.
  - 2 mm espesor de 100x100 mm.
- 20 clavos de bronce.
- 4 cabezas de expansión.
- Remaches de cobre de 2 y 3 mm de diámetro.
- 4 tornillos para madera 3x35.
- Tela de algodón ancho de 1300 mm y 12 lfd. m.
- Loneta de 0.5 lfd. m.
- Alambre de acero 0.7 de diámetro y 50 lfd. m.
- Hilo de empatillar.
- Cuerda de 3 mm de diámetro.
- Goma de 6 mm diámetro y 500 mm de longitud.

## Cometa Regulable de Rudolf Grund (1929)



### Introducción

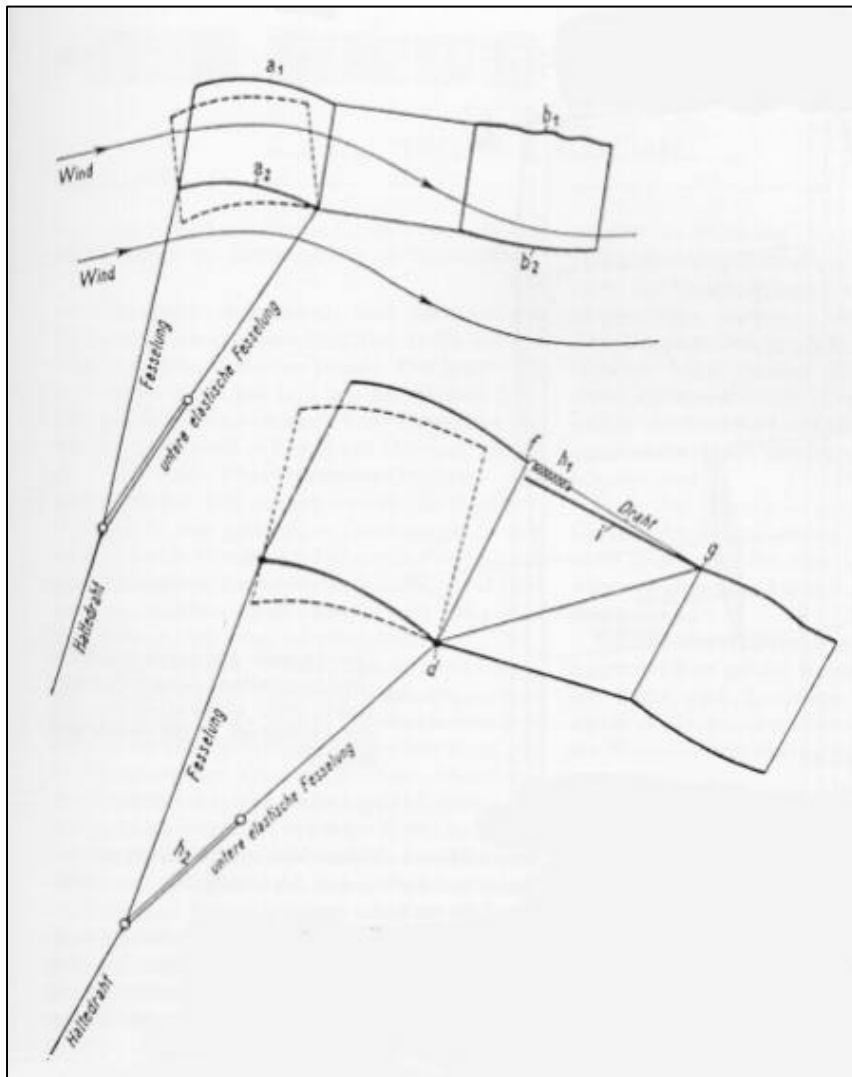
Para los meteorólogos de principio del siglo XX, elevar su instrumental por medio de cometas resultaba a veces problemático, debido a lo imprevisto del viento.

Si revisamos los archivos de la época, es habitual encontrar roturas de alguna o todas las cometas de un tren durante una ascensión, a causa de las fuertes ráfagas de viento en altura.

**Rudolf Grund** en el observatorio de Lindenberg, le preocupaba otro problema, tal como se puede leer en el artículo publicado en 1930, titulado "Über eine neue Drachenkonstruktion" (Construcción de una nueva cometa) para el torno 16 del Observatorio Aeronáutico de Prusia. En el que podemos leer:

*"La corriente de aire horizontal curva las superficies  $a_1$  y  $a_2$  de la celda delantera, ésta es desviada hacia abajo y actúa sobre  $b_2$ , curvándola en la misma dirección. Así el viento que sale de la celda delantera, actúa sobre la posterior, determinando la posición de la cometa (ángulo de ataque).*

*Si ambas celdas no estuvieran unidas rígidamente, sino a través de una articulación, la celda delantera se acostaría sobre el viento (horizontal) y flotaría sobre éste sin ejercer presión. La celda posterior conservaría aproximadamente la misma inclinación.*



*La unión elástica empezará a ceder cuando la velocidad del viento aumenta tanto, que pone en peligro la línea".*

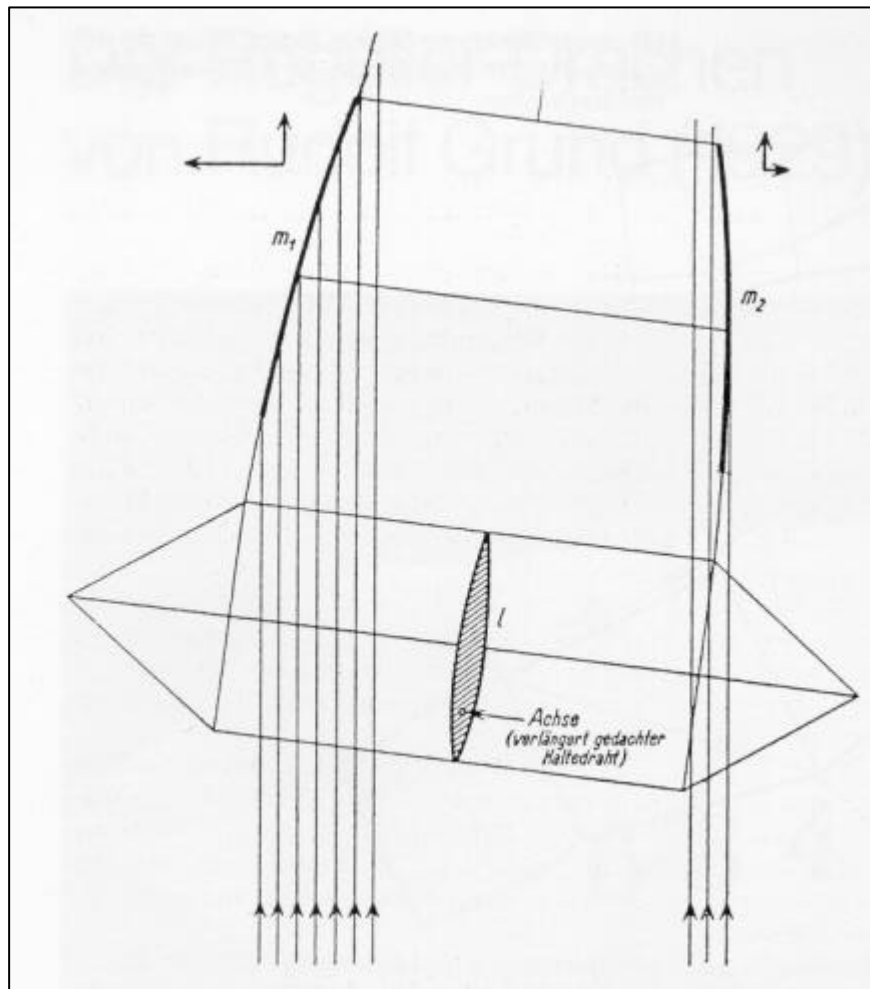
**Rudolf Grund** solucionó este problema en 1929, en el Observatorio de Lindenberg con su nuevo modelo.

También incorporó una mejora en el comportamiento lateral de la cometa.

**Grund** supuso que una cometa de tipo **Hargrave**, con viento de suave a moderado, se gobernaba direccionalmente a través de las superficies verticales de la celda posterior. Al aumentar la

presión del viento sobre dichas superficies, éstas no son suficientes para mantener la

dirección y por tanto se pierde estabilidad. Estas superficies no deberían entrar en la turbulencia de los timones de la celda delantera.



La solución fue colocar estas superficies con 7 grados respecto al eje longitudinal. Se puede apreciar, en la celda delantera, la disposición central de un timón.

La articulación entre las celdas y el estrechamiento de 7 grados en la celda posterior, diferencian este nuevo modelo de **Grund** de las cometas meteorológicas convencionales (todas derivadas del modelo de **Hargrave**).

Este nuevo modelo, muy creativo por sus prolongaciones piramidales de la celda delantera, reemplazó a la *Normaldrachen* y a la "cometa de Paraguas Inglés - *Shirmkastendrachen*", de uso generalizado en el Observatorio de Lindenberg.

**Grund** construyó sus cometas en diferentes medidas de manera modular, de tal forma que las varillas de la celda posterior del modelo más grande sirviera para la celda delantera del modelo más pequeño.

El más grande (para volar con viento suave) tenía 12.5 m<sup>2</sup>, el mediano, (para viento fresco) 8 m<sup>2</sup> y el más pequeño, (para viento fuerte) 5 m<sup>2</sup>. Esto equivale, en cuanto a su capacidad elevadora, a modelos **Hargrave** de 25 m<sup>2</sup>, 16 m<sup>2</sup> y 10 m<sup>2</sup> respectivamente,

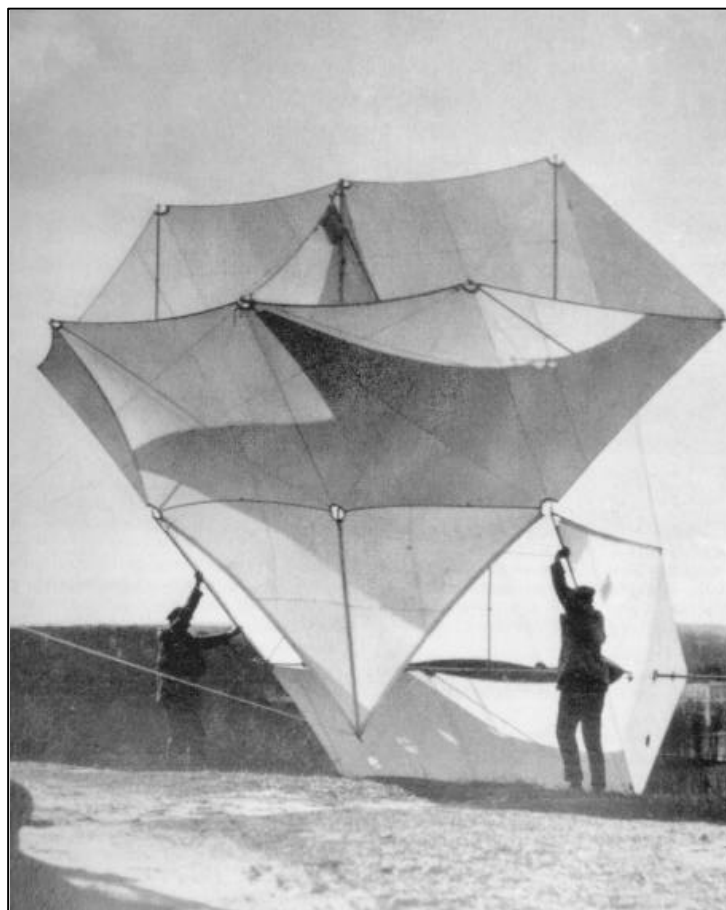
La *Cometa Regulable* con las medidas descritas, tenían una vida de unos 7 meses. Se confeccionaron también en medidas mayores para su uso en otros observatorios y en las numerosas expediciones científicas.

En 1932 apareció una versión para viento muy suave de 42 m<sup>2</sup> y en 1937 se construyó una de 64 m<sup>2</sup>.

Estas gigantescas cometas, disponían de una vela auxiliar triangular dispuesta en el borde posterior de la celda delantera, sujeta de tal manera, que se pudiera variar el ángulo de ataque. Esto se conseguía por medio de una rienda de goma.

Con viento suave, la brida elástica colocaba la vela contra el viento, de manera que incrementaba el poder ascensional de la cometa. Con viento más fuerte, se recogía ésta, plegándose hacia atrás, hasta neutralizarse por completo.

Podemos apreciar la vela en la foto siguiente:



## El armazón

Para los meteorólogos de esa época, era importante disponer de un armazón que funcionase sin dificultades durante el vuelo, asimismo los instrumentos que portaba la cometa, debían llegar sanos y salvos. Estaba demostrado que durante el aterrizaje, la mayoría de las cometas tendían a caer lateralmente de punta, rompiendo el armazón.

**Rudolf Grund** prestó especial atención en cuanto a la resistencia a la rotura de los largueros transversales. En caso de rotura, la presión debe cesar de inmediato para evitar distorsiones que requieran una nueva puesta a punto. En este modelo, al igual que el modelo de "paraguas inglés", no hay varillas pasantes para armar las crucetas. Éstas se sustituyen por varillas de bambú con enchufes.

A fines de la década del treinta **Rudolf Grund** ya comenzó a hacer las estructuras con *duraluminio*.

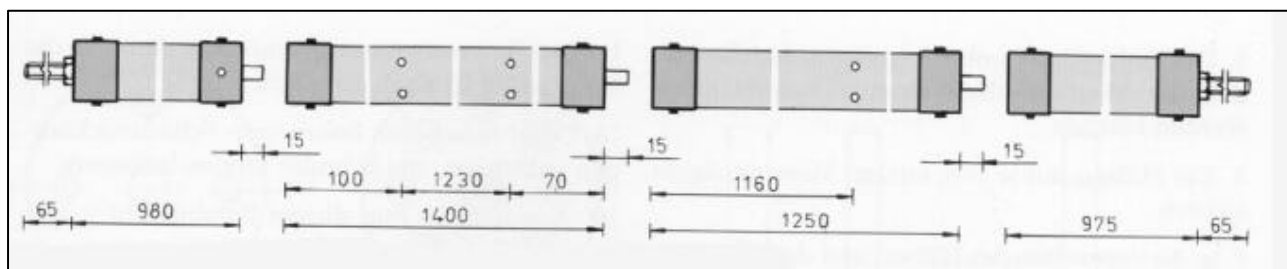
El modelo que construiremos, su armazón es de bambú. Algunas varillas y herrajes son de un modelo original, así como el número.

## Armazón de la celda delantera

La estructura se construye con bambú de 35-40 mm de diámetro.

Las crucetas son de bambú de 20 mm de diámetro.

1) Larguero principal: 4 varas de bambú (980 mm-1400 mm-1250 mm-975 mm).



2) Cortar tacos de 100 mm de largo de fresno, haya u otra madera de fibra larga. Éstos se introducen en la caña, sin presión para que la misma no reviente, y se encolan.

3) De una delgada tubería de bronce de 35 mm de diámetro interior cortar 8 piezas de 30 mm de largo.

- 4) Tomar una chapa de bronce de 1 mm de espesor y cortar 8 discos, que se soldarán a modo de tapa a los tubos.
  - 5) Retocar los extremos del bambú para asegurar que calce a fricción.
  - 6) Calzar los tubos, asegurándolos con 4 clavos de bronce.
  - 7) Agujerear las tapas de bronce y los tacos de madera hasta 50 mm de profundidad, con un taladro de 7 mm.
  - 8) En cada orificio de los tramos de 980 mm, 1400 mm y 1250 mm se introducen tornillos para madera de 60 mm de largo hasta que solo sobresalgan 15 mm.
  - 9) Cortar las cabezas de los tornillos, redondear ligeramente la cabeza del vástago.
  - 10) En el segundo agujero de la caña de 980 mm y en el extremo de una caña de 975 mm se introducen varillas roscadas de 120 mm de largo y 6 mm de diámetro a una profundidad de 65 mm.
  - 11) Agrandar los restantes agujeros a 8 mm de diámetro para dar cabida a los vástagos cortos.
  - 12) Colocar tuercas a tope en las varillas roscadas. Una segunda tuerca en cada una se deja suelta.
- A través de este sistema de enchufes, se empalman las 4 cañas. Marcar los extremos de las cañas para evitar errores<sup>38</sup>.
- 13) Atravesar todos los enchufes de bronce con un taladro de 3 mm de diámetro a 20 mm del borde.
  - 14) En estos orificios, se introducen remaches de 3 mm de diámetro que sujetan la tapa de bronce con el bambú y el vástago.
  - 15) Marcar en la caña de 1400 mm a 70 mm de un extremo y a 100 mm del otro.
  - 16) Marcar la caña de 1250 mm a 90 mm del extremo.

---

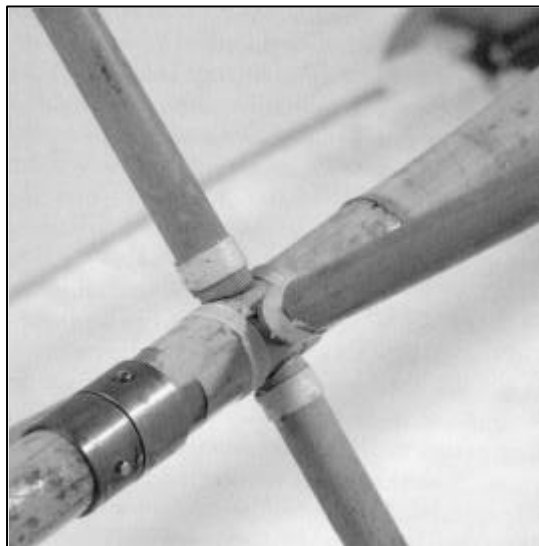
<sup>38</sup> Usar empatillado de hilo de diferentes colores como en las cañas de pescar o letras y barnizar encima. ( Nota del traductor)

---

17) En estas marcas se agujerean las cañas con 4 orificios de 5 mm de diámetro, desplazando los centros 5 mm para no debilitar demasiado las cañas.

18) Al lado de estos agujeros, se empatilla la caña con hilo y se lo recubre con barniz.

19) Cortar 12 piezas de bambú de 20 mm de diámetro a 860 mm de largo. (ver foto)



20) Empatillar con hilo ambos extremos.

21) En ambos extremos de todas las varillas se encolan tacos.

22) Con escofina hacer cóncavo uno de los extremos acordes con los agujeros del larguero principal.

23) En el otro extremo, perforar los tacos a 3 mm de diámetro y a una profundidad de 30 mm.

24) En estos agujeros ciegos colocar tornillos para madera de 3 mm de diámetro, largo de 40 mm e introducir 30mm. Cortar las cabezas y redondear

## **Arandelas perforadas para los tensores**

La estructura mantiene su forma mediante numerosos tensores, que se enganchan a unas arandelas, las cuales se construyen de la siguiente manera:

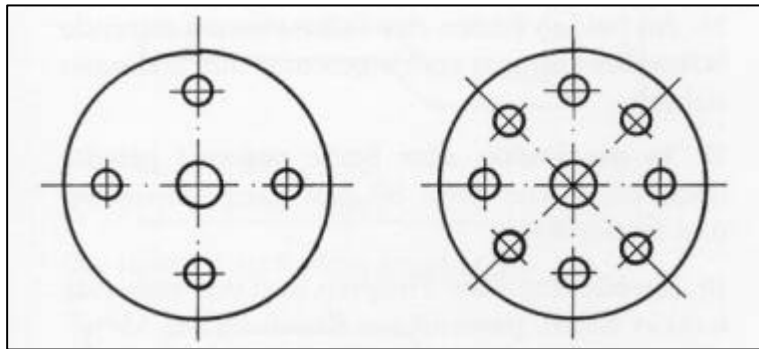
1) Para los travesaños principales de ambas celdas, se tornean en aluminio de 3 mm de espesor 4 discos de 50 mm de diámetro.

2) En el borde de los discos, se perforan 4 agujeros de 5 mm de diámetro. En el centro, perforar un orificio de 8.5 mm de diámetro.

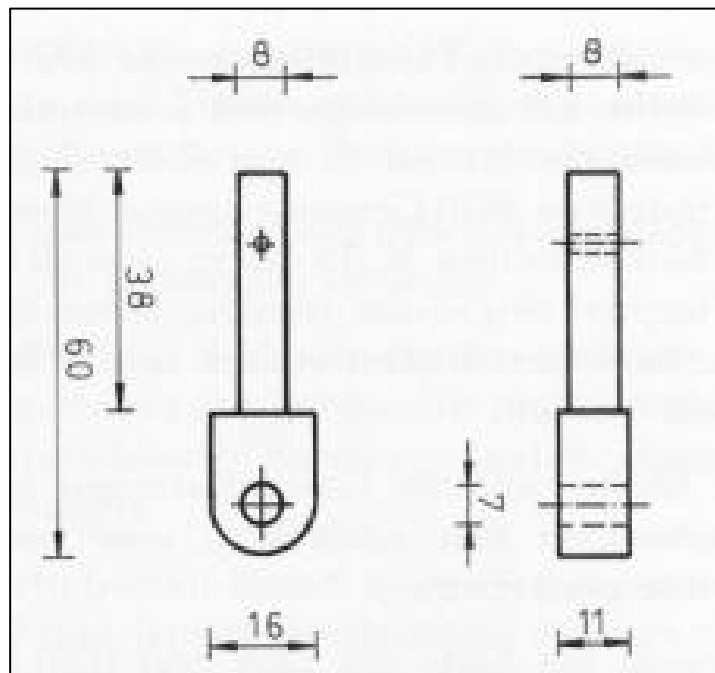
3) Para las crucetas de ambas celdas, se confeccionan 24 discos de 27 mm de diámetro, con un agujero central de 4.5 mm de diámetro y cerca del borde, 8 agujeros equidistantes de 3 mm de diámetro.

4) Redondear los cantos de todos los discos y hacer los orificios.

5) Diez de los discos más pequeños, se atornillan a las crucetas en los extremos que no tienen espigas.



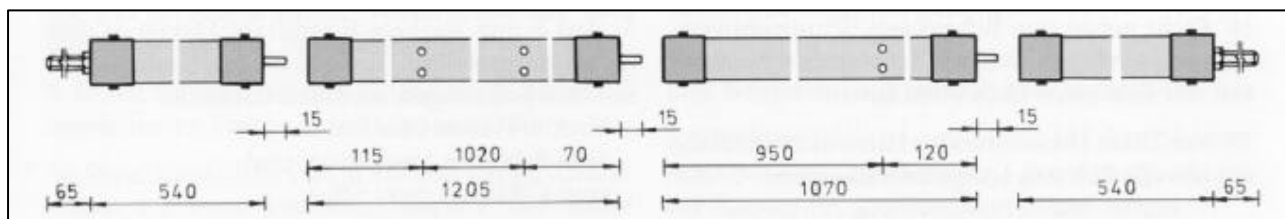
6) En las dos varillas restantes se ponen las arandelas y además las articulaciones para vincular ambas celdas. (Torneado de aluminio: según croquis, se necesitarán seis unidades).



Para que pasen las articulaciones, se agrandan los agujeros centrales a 8.5 mm de diámetro.

### Celda posterior

En principio la estructura de la celda posterior, es igual a la delantera pero más corta y varia la vela.



- 1) Para el travesaño principal se requieren 4 varas de bambú de aproximadamente 28 mm de diámetro, y de longitud 540, 1205, 1070, 540 mm respectivamente.
- 2) Se confeccionan nuevamente los enchufes de bronce. Para proteger contra roturas eventualmente, se puede empatillar con hilo y barnizar.
- 3) Encolar tacos de 100 mm de largo en los extremos.
- 4) Estos tacos se perforan a 8 mm de diámetro y a una profundidad de 50 mm.
- 5) En cada taco de las varillas de 540 mm de largo se atornilla una varilla roscada de 120 mm de largo y 6 mm de diámetro. Deben sobresalir 65 mm. La varilla roscada también puede ser reemplazada por tornillos M8x120 introducidos previamente en sendos tacos de 60 mm. Después se encola con la cabeza hacia adentro.
- 6) Una tuerca se pone a tope, una segunda tuerca se deja suelta.
- 7) En un extremo de las varillas de 1205 y 1070 mm y en un extremo de una de 540 mm, se introducen tornillos para madera de 8 mm de diámetro, con una longitud de 60 mm. Deben sobresalir 15 mm, se cortan las cabezas y se redondean los extremos.
- 8) Todos los enchufes de bronce de las 4 varillas, se perforan a 20 mm del borde con un taladro de 3 mm.
- 9) En estos agujeros se introducen remaches para evitar giros.
- 10) Las varillas se enchufan en la secuencia correcta y se marcan con algún código (hilos de colores, letras o números).
- 11) En la varilla de 1205 mm, se hace una marca de 115 mm del extremo agujereado.
- 12) En la varilla de 1070 mm, se efectúa una marca a 120 mm del extremo del perno.
- 13) En estas marcas se perfora en cruz con un taladro de 3 mm de diámetro, desplazando los centros algunos mm.

- 14) Al lado de los orificios sé empatilla con hilo y se barniza.
- 15) Cortar 12 crucetas de 7 cm de largo, con un diámetro de 15 o 16 mm.
- 16) Empatillar con hilo ambos extremos.
- 17) Entarugar todos los extremos a 50 mm de profundidad.
- 18) Hacer cóncavo uno de los extremos de acuerdo con el travesaño central.
- 19) Perforar todos los tacos en el centro a 3 mm de diámetro y profundidad 30 mm.
- 20) Colocar en los extremos cóncavos, tornillos para madera de 3 mm de diámetro y largo 40 mm, sobresalen 15 mm, se cortan las cabezas y se redondea.
- 21) Enroscar en los otros extremos la segunda docena de discos de aluminio.
- 22) En 4 varillas colocar articulaciones igual que en la celda delantera.

## **La articulación**

Ambas celdas se conectan en dos puntos de una manera sólida pero no rígida.

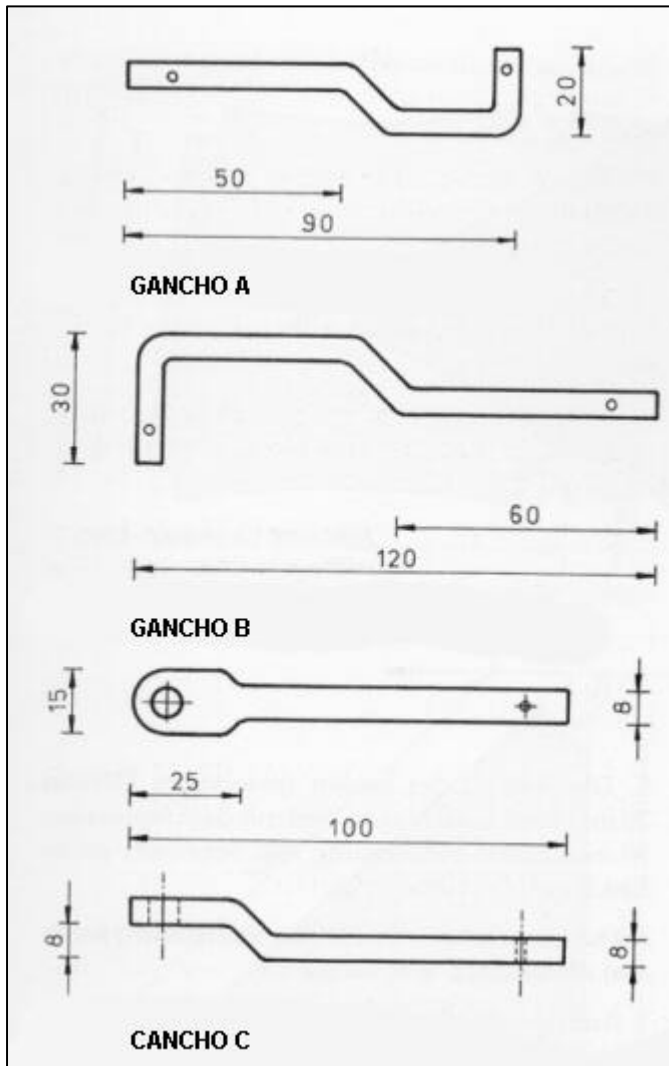
En los extremos inferiores del borde posterior de la celda delantera, convergen las varillas de los bordes de los paños triangulares.

- 1) Dos varas de bambú de 20 mm de diámetro y 1660 mm de largo.
- 2) Dos varas de bambú de 20 mm de diámetro y 1230 mm de largo.
- 3) Empatillar con hilo los extremos de las cuatro cañas.
- 4) Entarugar los extremos a una profundidad aproximada de 80 mm.
- 5) Hacer unos ganchos de alambre acerado de 6 mm diámetro. (Ver figura siguiente):

Gancho A: 5 piezas.

Gancho B: 2 piezas.

Gancho C: 2 piezas.



6) Perforar las varas de bambú a 40 mm de los extremos con un taladro de 3 mm de diámetro. Los orificios deben ser paralelos.

7) En un extremo de cada una de las cuatro varillas, colocar un gancho A. Poner un remache o chaveta.

8) En el otro extremo de la varilla de 1230 mm se colocan los ganchos B y se aseguran mediante remache o chaveta.

9) En ambas varillas de 1660 mm se colocan los ganchos C, con remache o chaveta.

10) Dos resortes de 300 mm de largo, de alambre de 1.2 mm de diámetro. Con un diámetro interno del resorte: 12 a 15 mm. Produciendo con una carga de 6 Kg. un estiramiento de 480 mm. En un extremo colocar el gancho en S, en el otro extremo ojaldado con alambres de 400 mm.

11) Estos alambres se unen a las crucetas superiores externas de la celda posterior.

12) En los ganchos S de las crucetas superiores externas de la celda delantera, se colocan lazos de cuerda de 100 mm de largo para enganchar los resortes.

13) Empatillar ambos extremos de una caña de 1760 mm de 20 mm de diámetro.

14) Entarugar ambos extremos.

15) Hacer un agujero de 3 mm de diámetro a 25 mm de un extremo.

16) Colocar en este taco, el ultimo gancho A y remachar o colocar chaveta.

17) El otro extremo de la varilla, se perfora y se coloca una cuerda de 1 m. Vara y cuerda hacen de tope para impedir que los resortes junten demasiado las celdas.

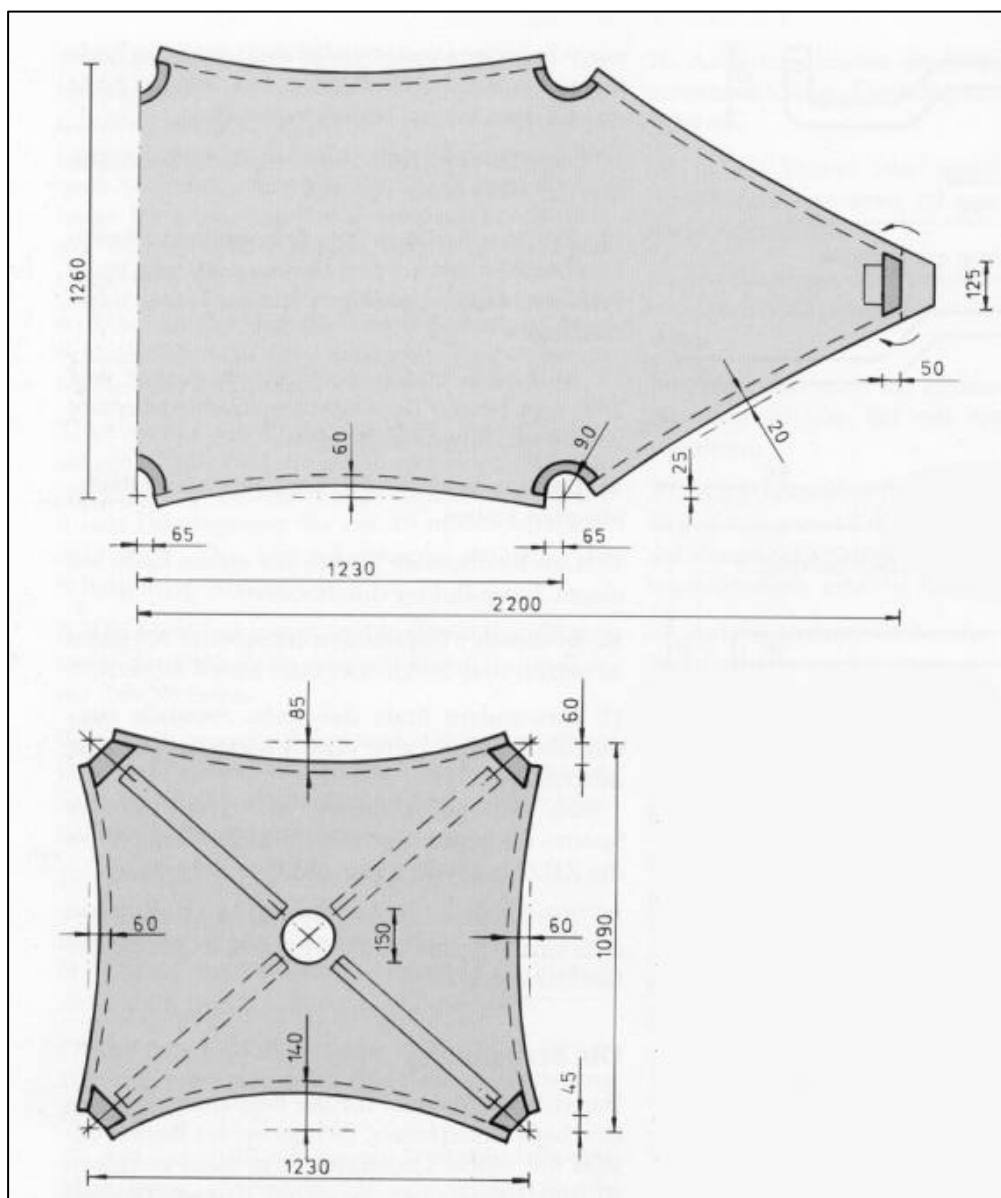
18) En la cruceta superior central de la celda delantera, se coloca un lazo de cuerda, a través del cual se desliza esta vara.

## La vela

El material más idóneo es una fina tela de algodón "cambric" de trama compacta, con un peso de 80 a 100 g por metro cuadrado (18 metros).

Era común en la época la tela de color natural, que se oscurecía con el uso prolongado.

## Entelado de la celda delantera

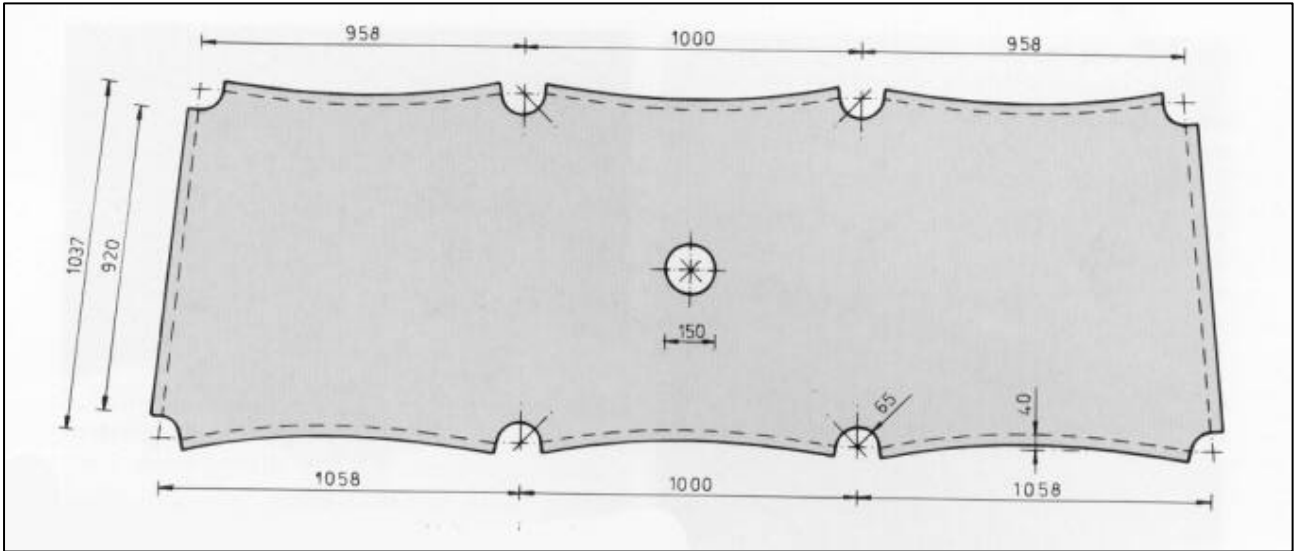


- 1) Se cortan cuatro piezas según plantilla, al marcar las esquinas hacer curvas parejas. Se cosen las dos mitades
- 2) Para el timón delantero central agregar 30 mm para dobladillo.
- 3) Las esquinas se refuerzan con medias lunas de loneta de 180 a 200 gr. color natural.
- 4) Se cosen todos los refuerzos a ambas velas.
- 5) Las puntas de los dos triángulos laterales se doblan 20 mm y se cose un orillo de 30 mm de ancho.
- 6) Los bordes se doblan dos veces y se cosen.
- 7) Del centro del timón central se corta un círculo de 150 mm de diámetro.
- 8) En este círculo de ambos lados, se cosen arandelas de tela de refuerzo.
- 9) En las cuatro esquinas, se cosen refuerzos de loneta de 60 mm de ancho.
- 10) Todos los bordes del timón central se doblan dos veces y se cosen.
- 11) Se cortan 4 tiras de 600 mm de largo y 100 mm de ancho.
- 12) Estas tiras se doblan 20 mm en cada lado y se cosen en diagonal, dos de cada lado, formando las bolsas.

### **La vela de la celda posterior**

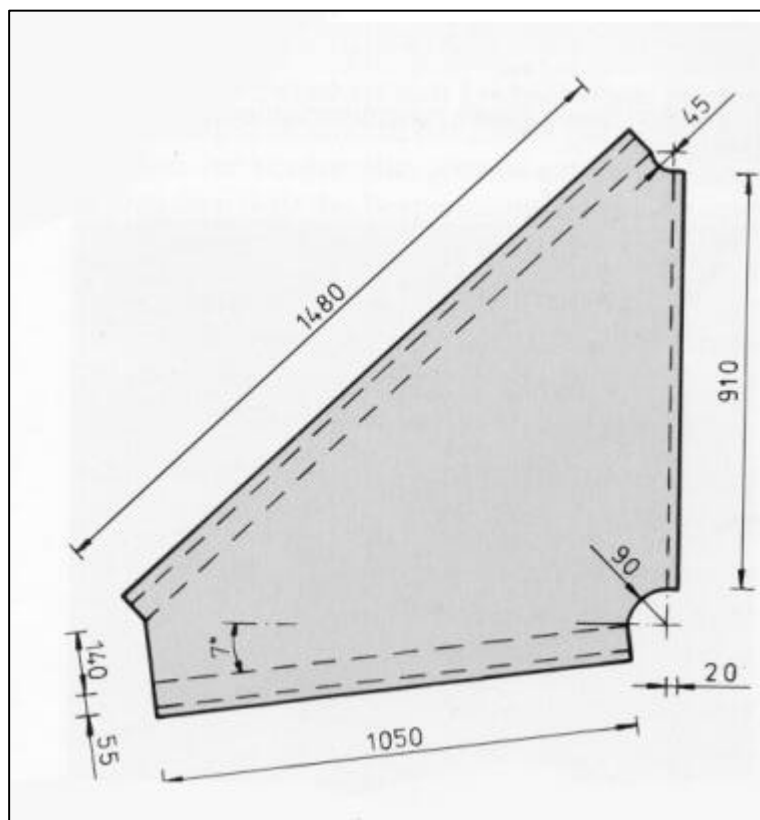
La forma de la celda posterior es diferente a la delantera. Es más angosta y las dos superficies portantes convergen ligeramente hacia atrás. La celda tiene lateral pero no las puntas en "pirámide". A los laterales están conectados los triángulos, cuyo vértice anterior está conectado a las articulaciones.

- 1) Se cortan dos tiras según croquis, página siguiente.
- 2) Ambas tiras se cosen entre sí para formar un círculo.
- 3) Cortar refuerzos de loneta para los escotes del borde posterior de la celda, en el centro del borde delantera y las esquinas anteriores.



4) En los escotes de las costuras centrales y esquinas posteriores colocar refuerzos en media luna.

5) Cortar dos triángulos según croquis:



6) En los lados largos de estos triángulos se cosen bolsillos, en el vértice refuerzo de loneta.

7) Los triángulos dobladillos se cosen a los laterales de la celda. Se cose un pequeño bolsillo para que pase el alambre tensor.

8) Coser los cuatro refuerzos en las esquinas anteriores de la celda y las esquinas de cada triángulo.

### Los tensores de alambre:

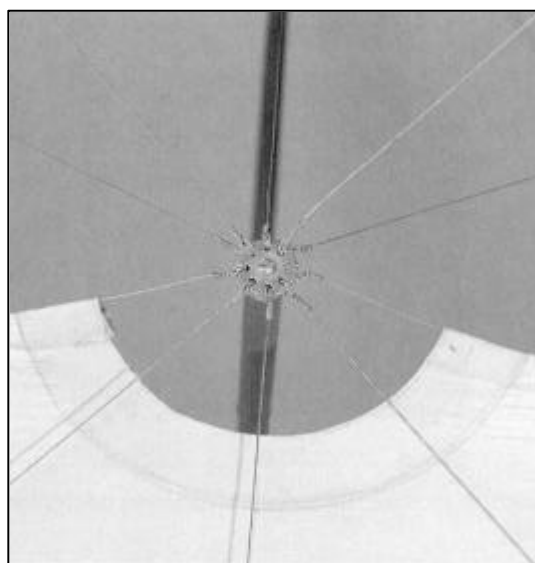
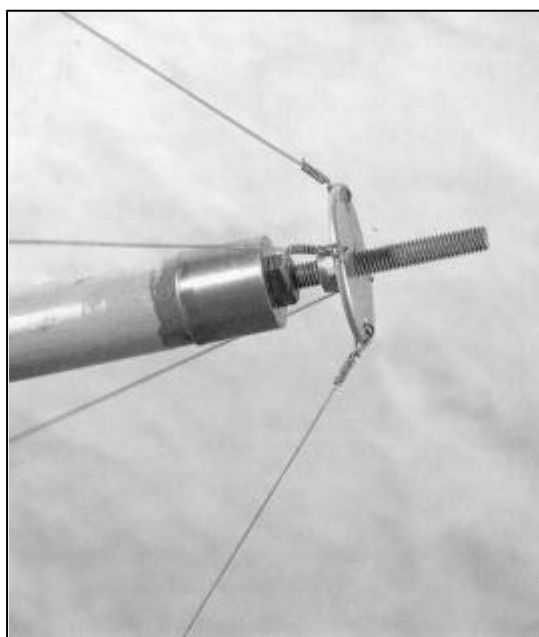
Como la mayoría de las cometas meteorológicas de esta época, el tensado mediante alambres cruzados formando una estructura sumamente resistente, con una mínima deformación. Esto le da resistencia en caso de un aterrizaje violento, transmitiéndose el impacto a toda la estructura.

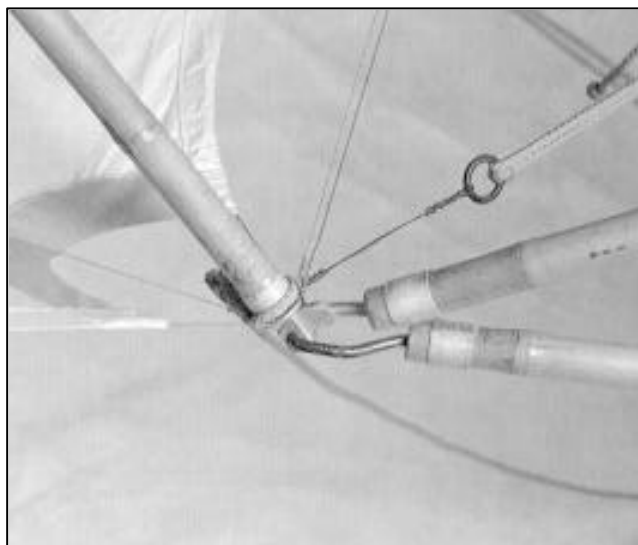
Aunque en la época actual una cometa no tiene que llevar la carga de aquellos observatorios, no se puede prescindir de estos complicados tensores, Pues sin ellos, no vuela.

Se utiliza alambre de acero niquelado (cuerda de piano) de 0.8 a 0.9 mm de diámetro.

Se requieren 120 metros de alambre. Se deben cortar simétricos y parejos y se agregan 100 m en los extremos y se doblan alrededor de un clavo.

En caso de no montarse los alambres de inmediato, deben etiquetarse para evitar confusión.





### **Longitud de los alambres para la celda delantera:**

- 1) Para los ocho dobladillos en el borde anterior y posterior de la celda delantera, cortar 8 trozos de 1210 mm.
- 2) Para los 8 dobladillos de las 4 superficies piramidales, cortar 1430 mm que pasan de los discos tensores externos a los extremos piramidales.
- 3) En la celda delantera, en sentido longitudinal, se colocan en las caras orientadas al viento, seis alambres de 1295 mm entre las puntas de las crucetas.
- 4) En diagonal, entre los discos perforados de los extremos de las crucetas, en el plano de las superficies portantes de la celda delantera (siempre del lado que da el viento) se colocan 8 alambres de 1770 mm.
- 5) En los lados abiertos de la celda delantera (adelante y atrás), se colocan en diagonal entre los discos de las crucetas, 8 alambres de 1650 mm.
- 6) En vertical entre las puntas de las crucetas, se disponen 6 alambres de 1150 mm.
- 7) En los dobladillos de la pared central, se colocan verticalmente dos alambres de 1180 mm y horizontalmente otros dos de 1350 mm.

### **Alambres que requiere la celda posterior:**

- 8) En los dobladillos de los bordes anteriores de la celda posterior, se introducen cuatro alambres de 1080 mm y se unen a los discos perforados de las crucetas.

9) En los dobladillos de los bordes posteriores de la celda posterior se introducen cuatro alambres de 960 mm.

10) Entre los extremos de las crucetas de la celda posterior, del lado del viento de la tela en sentido del eje del cometa, se colocan seis tensores de 1050 mm.

11) En el plano de las superficies portantes, se coloca en diagonal del lado del viento de la tela, cuatro alambres de 1410 mm y cuatro alambres de 1490 mm entre las crucetas (por la convergencia de 7 grados hacia atrás, los alambres tienen diferente longitud).

12) En las caras abiertas de la celda posterior, se colocan verticalmente 6 alambres de 1000 mm y se unen a los discos perforados.

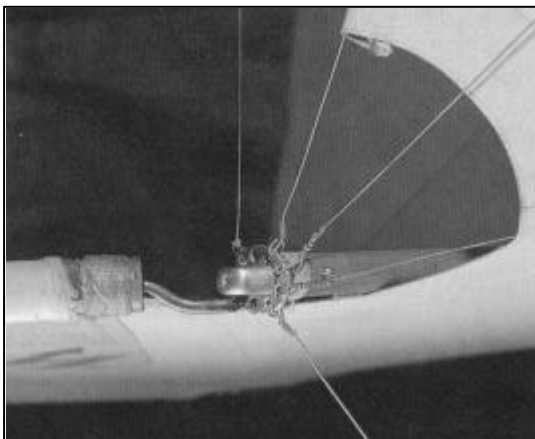
13) En las caras abiertas de la celda posterior: en la delantera en diagonal 4 alambres de 1460 mm entre los extremos de las crucetas. En la trasera 4 alambres en diagonal de 1370 mm.

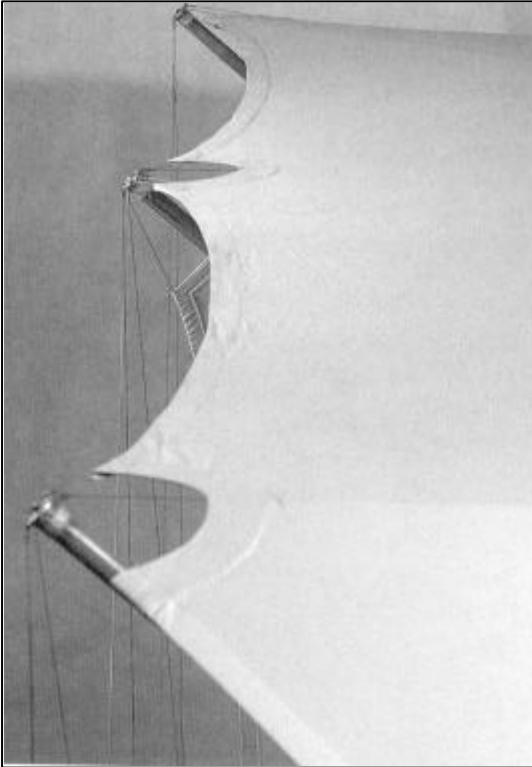
14) Entre las crucetas externas y los discos perforados de los extremos del travesaño principal posterior, se introducen en los dobladillos dos alambres de 930 mm, y otros dos de 1010 mm (los mas cortos en el lado delantero de la celda).

Entre la celda delantera y posterior, se colocan alambres separados mediante lazos de cuerda.

15) En el extremo inferior de la cruceta central, en el disco perforado, se colocan dos alambres de 1460 mm y en sus extremos se colocan argollas de metal.

16) En las crucetas superiores extremas, se colocan dos alambres de 2530 mm y en los extremos libres, se colocan argollas.





17) En las crucetas inferiores extremas de la celda delantera se colocan dos alambres de 100 mm y argollas en los extremos.

18) A estas argollas, se le agregan chicotes de cuerda de 500 mm.

### **El armado**

Los alambres tensores permanecen enganchados a los discos perforados. Para transportar la tela, permanece unida a las crucetas de ambas velas. Para armarlo, se necesitan por lo menos dos personas.

1) Desplegar la celda delantera.

2) Introducir la varilla extrema con la varilla roscada a través de la arandela perforada del extremo piramidal, con la tuerca lo más atrás posible.

3) Colocar la segunda varilla y colocar las primeras cuatro crucetas. Vigilar la correcta disposición de los alambres.

4) Colocar la tercera varilla y las crucetas. Estirar la tela hacia el extremo libre. Observar los tensores.

5) El cuarto tramo se coloca con el extremo roscado primero, después se enchufa.

6) Tensar la celda ajustando las tuercas.

7) De igual manera se arma la celda posterior.

8) Introducir en los dobladillos de los triángulos laterales, las varillas con los ganchos. En las varillas cortas, el gancho largo debe apuntar hacia la celda delantera.

9) Introducir los ganchos y asegurar con chavetas.

10) Enganchar los resortes.

11) Regular los tensores diagonales entre ambas celdas. Controlar alineación de ambas crucetas centrales.

12) La vara que comunica ambas celdas, se introduce a través del lazo de cuerda de la celda delantera, el otro extremo se engancha en la cruceta central de la celda posterior y se coloca la chaveta.

13) Atar la cuerda de la parte anterior de la varilla, al lazo de cuerda de manera tal que, al estar horizontal a la cometa, la celda posterior no se levante.



## Las Bidas

Merced a los dos sistemas de regulación – la convergencia de la celda posterior y la articulación entre ambas celdas – la cometa prácticamente se orienta sola. Se necesitaría un solo punto de toma. Para repartir la presión a todo el armazón y corregir pequeñas inestabilidades, la línea se conecta a través de seis bridas en los bordes inferiores de la celda delantera.

1) En las crucetas inferiores de la cara anterior se utiliza alambre de 2 mm de diámetro o cuerda de 5 mm de diámetro.

Brida central 2100 mm de largo.

Bridas laterales 2470 mm de largo.

Unir estas bridas a una argolla de acero.



2) En las crucetas posteriores se colocan bridas de:

Brida central de 2920 mm.  
Bridas laterales de 3170 mm.  
Se unen a una argolla de acero.

3) De la argolla delantera sale una cuerda de 4100 mm.

4) De la argolla trasera salen dos bandas de goma de 400 mm de largo con un ancho 8 mm y un espesor 2 mm. De allí sale una cuerda de 5500 mm.

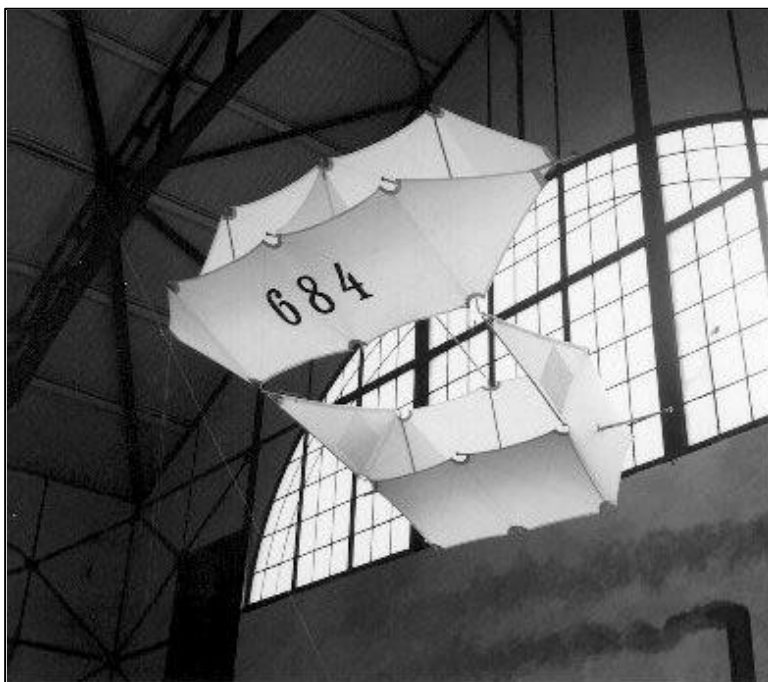
5) Ambas bridas van a una argolla que se conecta a la línea.

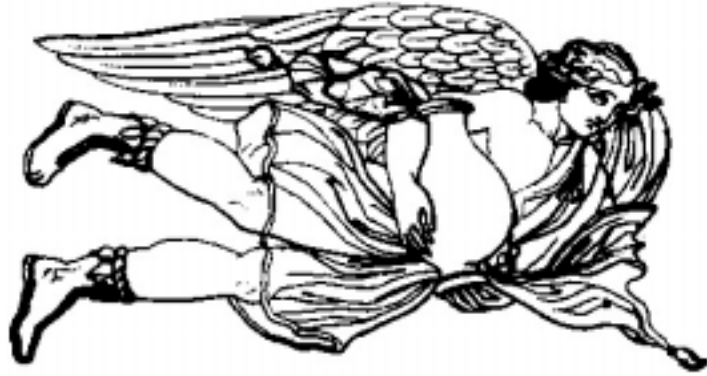
## Lista de Materiales

- Cañas de Bambú<sup>39</sup>
- 35 a 40 mm de diámetro, 2 piezas de 1500 mm.
- 35 a 40 mm de diámetro, 2 piezas de 1100 mm.
- 28 mm de diámetro, 3 piezas de 1300 mm.
- 20 mm de diámetro, 12 piezas de 1000 mm y dos de 1800 mm.
- 15 mm de diámetro, 12 piezas de 800 mm.
- Cantidad de tacos acorde con el diámetro interno del bambú.
- Tubo de bronce con un diámetro interno 35 mm y 300 mm de largo.
- Tubo de bronce de diámetro interno 25 mm y 300 mm de largo.
- Chapa de bronce, espesor 1 mm, 300x200 mm.

<sup>39</sup> Preferentemente *tonkin cane - arundinaria amabilis* (Nota del traductor)

- Chapa de aluminio, espesor 3 mm, 500x300 mm.
- Clavos de bronce.
- 6 tornillos para madera M8x60
- 15 tornillos para madera M3x40
- 2 varillas roscadas M6x120 con 4 tuercas.
- Varilla de hierro de 6 mm de diámetro, 2 metros.
- Dos resortes de 300 mm.
- Tela de algodón con un ancho de 1400 mm X 18 metros de largo.
- Loneta un metro cuadrado.
- Alambre de acero zincado de 7 mm de diámetro y 120 metros.
- Argollas de acero.
- Cuerda para las bridas.
- Cuerda de 2 a 3 mm de diámetro.





*Notos*, viento del sur, es el indeciso.



*Ros*, viento del este, el cruzado, el que curvaba los rayos del sol.



- *Al Final del Hilo - Alicante 2000*