

malicioso va á figurarse que la original teoría de los acuerdos tomados por minoría, y hasta por el solo voto del Director, está inspirado en las *Lettres persanes* de Montesquieu, donde humorísticamente se defiende este procedimiento para buscar el acierto, en razón á que hay muy pocos espíritus rectos y todo el mundo conviene en que son infinitos los falsos.

Las elecciones se verificarán en cada puerto donde radican las comandancias de Marina de las provincias actuales, por compromisarios designados por los presidentes de las Juntas de la Liga marítima, de la Cámara de Comercio, de las Asociaciones de navieros y consignatarios, de las Juntas de Obras de puertos, de las Asociaciones de capitanes, pilotos, maquinistas y marineros, de los representantes de las Compañías de navegación, de los Clubs de regatas, de los corredores intérpretes de buques, de las Compañías de seguros marítimos y de los establecimientos de industrias navales, de los directores de Escuelas de náutica, de los síndicos de corredores marítimos y de los prácticos del puerto.

Forzoso es reconocer que el cuerpo electoral es lucidísimo; pero, ¿á qué se reducirá en la mayor parte de las provincias? A los Presidentes de la Liga marítima y de la Cámara de Comercio, á los representantes de los capitanes, pilotos, maquinistas y marineros, á los intérpretes y corredores, á los prácticos del puerto y á tal ó cual consignatario. Muy torpe ha de ser el comandante de marina para no sacar triunfante la candidatura que se le mande de Madrid; y el voto más ó menos independiente de las grandes poblaciones quedará ahogado por la masa de los que pudiéramos, por analogía, llamar distritos rurales; siendo de advertir que se ha conferido igual número de votos á Barcelona que á Gerona y á Bilbao que á Pontevedra. Si este descuido no se subsana, llegará al cielo el clamoreo que se levante en las primeras elecciones, y los vencidos, como siempre sucede, atribuirán su derrota á un *puchero*.

Continuaremos en los números inmediatos el examen del proyecto de reglamento, procurando abreviar, por temor á molestar á nuestros suscriptores, lo mucho que nos falta decir sobre las importantísimas cuestiones á que afecta el citado documento.

## NAVEGACION AEREA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

### NOTICIA

acerca de la Memoria del Sr. D. Leonardo Torres sobre la estabilidad de los globos.

Por disposición de la Academia pasó este trabajo á la Sección de Ciencias Físicas, y por acuerdo del Sr. Presidente de dicha Sección me encargué de redactar una noticia sobre los importantes estudios de nuestro digno compañero contenidos en la Memoria, ó, mejor dicho, en las dos Memorias que ha remitido á esta Corporación.

Una de ellas es la *Memoria descriptiva* en que se funda la petición de privilegio para ciertos perfeccionamientos introducidos en los aerostatos dirigibles. Y la segunda se titula: «Nota sobre el cálculo de un globo dirigible con quilla y armadura interior.» (*A quille et suspentes intérieures.*)

Debo empezar d clarando que el presente escrito no puede tener en manera alguna el carácter que tienen los demás informes de la Academia, por las circunstancias especiales que en su autor concurren.

Es tan sólo una noticia de las dos Memorias del Sr. Torres,

antes citadas, noticia que ha de someterse á esta Corporación para que todos los académicos conozcan y discutan, si lo creyeran conveniente, el importante y notabilísimo trabajo en que nos ocupamos.

Nuestra ponencia no es, según esto, más que una base ó tema de discusión científica; y tales discusiones están dentro, evidentemente, de los derechos y de los deberes de la Academia.

Claro es que al exponer con la mayor exactitud posible el nuevo sistema inventado por nuestro digno compañero, el ponente hará de paso y someterá á la Academia las observaciones que le vayan ocurriendo, y que serán muy breves, porque el señor Torres, con su indiscutible talento y con su refinado espíritu crítico, suele agotar la materia, y de antemano sale al encuentro de cualquiera objeción que pudiera formularse.

En esto de invenciones de globos dirigibles hay que reconocer que la opinión pública está prevenida en contra, por lo regular; porque si bien es cierto que hombres de gran ciencia y de elevadas condiciones vienen aplicando hace muchos años su talento y su práctica á la solución del difícil problema, también es cierto que abundan las invenciones absurdas y aun ridículas.

Pero claro es que siendo el invento que vamos á describir de persona tan seria y tan competente como nuestro compañero, el trabajo en cuestión ha de ser serio, importante y digno de estudio.

Entre todos los problemas que se refieren á la navegación aérea por medio de globos, hay dos fundamentales.

Primero. El de la *fuerza*, ó sea el de los motores empleados.

Segundo. El de la *estabilidad*.

Del primero no se ocupa el Sr. Torres.

Y, en efecto, aunque por mucho tiempo ha sido aquél el problema predilecto de la navegación aérea, desde la aplicación de los motores de petróleo puede considerarse, si no como resuelto en absoluto, por lo menos como marchando resueltamente á una solución práctica.

Verdad es que hasta ahora no se han obtenido, que nosotros sepamos, velocidades propias para el globo superiores á ocho metros por segundo, y que esto no es bastante para considerar al problema como resuelto; pero se comprende perfectamente la posibilidad, aumentando la fuerza del motor, de llegar á 12 y aun á 14 metros, con lo cual se podrá dominar el espacio, exceptuando el caso de vientos excepcionales ó de ciclones ó tempestades.

Se han construído motores de petróleo, según se afirma, de 7, de 6, y hasta de 5 kilogramos por caballo de vapor; y el mismo Sr. Torres proyecta un motor de 80 caballos, que pesará poco más de 7 kilos por unidad; es decir, que de la fuerza ascensional no tendrá que emplear más de 600 kilos para la máquina. Así, pues, teniendo resuelto por completo ó estando en camino de resolverse definitivamente el primer problema, aparece el segundo como problema capital.

En resumen, el problema que acomete el Sr. Torres, con todos sus medios de talento y de ciencia, es el siguiente:

Estabilidad de un globo en el espacio, en el caso más general, es decir, cuando ha de marchar con velocidades determinadas que pueden ser hasta de 12, 14 ó más metros por segundo.

Ya ve la Academia que no se trata de invenciones fantásticas, ó de combinaciones estrambóticas, para resolver el problema de la navegación aérea; sino de un problema científico de Mecánica, perfectamente definido, y de importancia indiscutible, ya desde el punto de vista de la teoría, ya en sus aplicaciones á la navegación aérea.

Claro es que para esta Corporación, el primer punto de vista ha de ser el preferido, aunque fije también su atención sobre el problema práctico.

Expuestas dichas explicaciones generales, pasemos á dar noticia de las dos Memorias indicadas.

PRIMERO.—*Memoria descriptiva, presentada al pedir privilegio de invención.*

Empieza el autor por analizar las condiciones de equilibrio en los globos ordinarios; es decir, con suspensión exterior, barquilla á bastante distancia del globo, y máquina y hélice propulsora establecidas en aquélla.

Este era el sistema del globo «La France», de los capitanes franceses Renard y Krebs, y éste era también el sistema de Santos Dumont; y no citamos más que aquéllos que han resuelto el problema de cerrar una curva en el espacio, volviendo al punto de partida por medio de la fuerza propia del motor de que disponían.

Todos estos sistemas tienen un inconveniente para el equilibrio, á saber: que la fuerza motriz y la resistencia, están en líneas horizontales distintas y á bastante distancia una de otra, de donde forzosamente nace un *par* de fuerzas que tiende á inclinar el globo y la barquilla.

Y, en efecto, lo inclinan.

Pero de esta inclinación nacen otro *par* de fuerzas, el de la fuerza ascensional y el peso del aerostato, que, no coincidiendo en la misma vertical, engendran otro *par* que tiende á equilibrar el primero.

El Sr. Torres estudia este problema por medio de fórmulas sencillísimas que no hemos de reproducir, porque el cálculo está desarrollado con toda claridad en la Memoria.

En ella hace aplicación al globo «La France», suponiendo la velocidad de 6,50 metros, realizada en 1885, y la velocidad puramente teórica, porque no llegó á realizarse, de 13 metros, y calcula los ángulos de inclinación, que en este último caso hipotético hubieran llegado á ser superiores á 8 grados.

De toda esta primera parte del trabajo del Sr. Torres, se deduce, que el ángulo máximo depende de la diferencia entre la velocidad ficticia de la hélice (es decir, el paso multiplicado por el número de vueltas) y la velocidad del globo.

Y, además, se ve que para velocidades considerables, que hasta ahora en la práctica no se han conseguido, pero que se aspira á conseguir, el globo tomaría inclinaciones peligrosas. No bastarían, pues, las antiguas condiciones de equilibrio.

Esto parece que induce á aproximar todo lo posible el eje de la hélice al eje del globo; pues cuanto menor sea dicha distancia, menor será el *par* perturbador de equilibrio.

De aquí nace la idea que ha desarrollado el Sr. Torres: *reducir la expresada distancia á cero*.

Así, pues, la idea fundamental del sistema de nuestro compañero, es colocar el eje de la hélice en coincidencia con el eje del globo.

La misma idea tuvo el brasileño Sr. Severo, cuya catástrofe está bien reciente (y algunos otros inventores tuvieron la misma idea antes); pero la realizó aquél por un procedimiento enteramente distinto del que emplea el Sr. Torres, y, según parece, sin haber estudiado con la debida detención los diferentes elementos del problema.

El sistema para el cual ha pedido privilegio de invención nuestro compañero, puede describirse brevemente en esta forma:

El globo es prolongado y simétrico, tanto respecto al plano medio longitudinal, como al plano medio transversal; no lo es con relación al plano horizontal que pasa por el eje.

Próximamente el tercio central es prismático, ó, si se quiere, cilíndrico. El tercio anterior y el tercio posterior terminan en punta, y *en prolongación del eje del globo van la hélice y el timón*.

En la parte inferior del globo, y puede decirse que adherida á él, va la barquilla, que contiene la máquina motora, el depósito de petróleo y todos los accesorios.

Desde esta barquilla se transmite por un cable la fuerza motriz á la hélice y desde ella se manija el timón.

Todos estos pormenores están minuciosamente estudiados por el Sr. Torres, y pueden verse en las láminas que acompañan á la Memoria.

Pero hasta aquí sólo hemos hablado de la parte externa, por decirlo de este modo, en la cual se nota una particularidad, y es,

que la envolvente del globo no forma una superficie continua, como en los globos elipsoidales ó en forma de cigarro, sino que á uno y otro lado por la parte superior, y corriendo de punta á punta en dirección de los meridianos, aparecen como dos surcos profundos, con lo cual la superficie exterior del globo queda como dividida en tres lóbulos longitudinales.

La explicación de este hecho la veremos más adelante.

En rigor, en la parte inferior del globo y también de punta á punta, hay otro tercer surco menos pronunciado, y otro en la parte superior.

Esta forma general es consecuencia lógica y hasta matemática del sistema que adopta el Sr. Torres y que marca el carácter de su invención.

El globo del Ingeniero español difiere de casi todos los empleados hasta aquí, en que no consiste en una envolvente flexible, llena de gas hidrógeno, y cuya rigidez depende única y exclusivamente de la tensión interior del gas; de suerte que todos estos globos son como grandes vejigas hinchadas á fuerza de presiones interiores.

Mientras los globos son esféricos ó casi esféricos, no hay en esto grave inconveniente, porque el globo tiene poca tendencia relativa á cambiar de forma, aunque algo cambie.

Pero cuando el globo se prolonga, es claro que pierde condiciones de rigidez y que es fácilmente deformable; como que se convierte en una especie de saco prolongado á cuya sola vista asalta el temor de que pueda fácilmente doblarse por la mitad. Así, en el globo «La France», para impedir tal deformación, la barquilla dejaba de ser barquilla para convertirse en una especie de viga de gran longitud, que casi llegaba de extremo á extremo del globo, prestándole rigidez transversal, y convirtiéndose en una verdadera quilla de aerostato.

Realmente se han propuesto y empleado antes de ahora varios globos armados como los de Zeppelin, Tissandier, Roze, etc.; pero el del Sr. Torres difiere esencialmente de todos ellos.

De las consideraciones que preceden nace la idea del señor Torres, y por ella impulsado fué resueltamente á las soluciones extremas, como hacen con frecuencia los hombres de talento y de gran energía.

Puesto que conviene, según decíamos, colocar el eje de la hélice lo más cerca posible del eje del globo, el Sr. Torres en el eje mismo del globo la coloca.

Y puesto que los globos prolongados han de tener quilla, y cuanto más próximos estén el globo y la quilla tanto mejor, el Sr. Torres coloca la quilla dentro del mismo globo.

Pero como la quilla es preciso sostenerla en el plano de simetría y para ello se necesitan piezas rígidas ó barras, y sobre todo un sistema de tirantes, el inventor coloca todo esto dentro del mismo globo, y así justifica el título que da á su invención, á saber: *Globo dirigible de quilla y armazón interior. (Quille intérieure et suspentes intérieures.)*

Con esto, en rigor, queda descrito el invento de nuestro compañero.

Pero es tan interesante y tan digno de estudio, que todavía hemos de detenernos en él algo más, para que vea la Academia con qué profundidad y con qué minuciosidad científicas ha estudiado el Sr. Torres todos los problemas secundarios que se enlazan con el problema principal.

Hemos dicho que el globo del nuevo sistema está provisto de una quilla metálica interior, que sigue exactamente la línea meridiana del globo por la parte de abajo, y que corre de punta á punta.

Esta quilla es una especie de viga armada plana, compuesta de un larguero superior y otro inferior, unidos de trecho en trecho por barras verticales y reforzada por cruces.

Claro es que dicha quilla, abandonada á sí misma, no tendría estabilidad transversal y caería á uno ú otro lado.

Para mantenerla en su posición normal se han establecido de trecho en trecho, precisamente en los sitios en que están las barras, unas especies de cerchones triangulares compuestos de

tirantes. Estos triángulos son isósceles, con el vértice en la parte inferior y la base en la parte superior, como puede verse en las figuras 6.<sup>a</sup>, 7.<sup>a</sup> y 8.<sup>a</sup>

Resultan, en resumen, formados por el tirante de la base; y por cuatro tirantes, que partiendo de los dos vértices de aquélla, van á parar á los extremos de cada barra.

Los dos vértices de la base están firmemente unidos á la tela superior del globo, de modo que el triángulo, que por estar compuesto de tirantes es flexible, cuelga, por decirlo de este modo, de la envolvente.

Claro es que dicho tirante superior impide que la presión interna separe los dos extremos de la base del triángulo.

Hemos indicado que los triángulos son flexibles; pero hay dos que no lo son, á saber, los que corresponden á los extremos de la parte cilíndrica de la envolvente, como puede verse en las figuras 4, 5 y 8.

Estos triángulos son rígidos y les dan rigidez tres barras que desde un punto central van á los tres vértices.

La serie de cerchones triangulares están unidos unos á otros, ó mejor dicho, á los dos triángulos rígidos, horizontal y verticalmente, por medio de tirantes, como puede verse en las figuras citadas.

En resumen, el interior del globo, es una armazón metálica, pero relativamente ligera, compuesta de la quilla, de barras y de tirantes, que presenta rigidez en todos sentidos.

Su forma general es la de un prisma triangular de sección isósceles en el tercio del centro; y este prisma se va adelgazando, por decirlo así, hasta los extremos del globo.

Dicha armazón es la que ha de revestirse con la tela del globo mismo, la cual está dividida en cuatro partes, á saber: dos fajas convexas y adelgazadas hacia las puntas para cubrir las bases superiores de los triángulos, y otras dos simétricas que recubren los lados iguales de dichos triángulos á una parte y otra del plano de simetría del globo.

Las figuras 6, 7 y 8 representan diferentes cortes transversales y se componen, en el centro del triángulo isósceles y sobre cada lado, de una especie de lúnula ó segmento.

Las uniones de las tres lúnulas determinan las varias líneas de depresión, ó surco, de que hablabamos al principio.

Todo esto se comprende mejor en las figuras, que en una descripción por minuciosa que sea.

En la porción central del globo y en su parte inferior hay un sistema rígido para sostener la barquilla, que está en cierto modo adherida al globo (véase la figura 7).

El Sr. Torres ha calculado minuciosamente todas las piezas de este sistema que en el fondo es muy sencillo, pero no hay para qué entrar en pormenores que no ofrecen dificultades de ningún género.

Asimismo ha calculado la transmisión teledinámica desde la barquilla á la hélice, y las presiones que ejerce sobre el globo el doble cable al pasar por varias poleas y transmitir la energía propulsora del motor á la hélice.

Forma parte muy interesante de la Memoria, desde el punto de vista científico, el cálculo de la curva que afecta la tela del globo, tanto en la parte cilíndrica, como en las regiones de popa y de proa.

El primer cálculo es muy sencillo, y, en rigor, el problema es análogo al que se resuelve en las catenarias, porque, considerando una sección recta en dicha parte prismática, todo se reduce á calcular la forma de una curva de peso uniforme por unidad de longitud y sometida á esfuerzos normales, que serán las diferencias entre las presiones del hidrógeno en el interior y las presiones de la atmósfera.

Está hecho el cálculo con tal minuciosidad, que el Sr. Torres tiene en cuenta hasta las variaciones de presión á diferentes alturas de la tela.

Hemos dicho *minuciosidad*, y la palabra no está bien empleada, porque si el Sr. Torres no hubiera apreciado estas diferen-

cias, hubiera cometido errores de importancia al calcular el perfil del globo.

Uno de los méritos del trabajo del Sr. Torres, en el orden científico hoy y más tarde en el orden práctico, es el de plantear problemas y señalar puntos de vista que tienen verdadera trascendencia para el problema general de la estabilidad de los globos, y que hasta aquí, para la mayor parte de las personas, exceptuando para algunos especialistas, habían pasado completamente inadvertidos.

La tendencia natural al hacer el cálculo de una envolvente cilíndrica que ha de terminar en dos generatrices fijas, á modo de vela, y que ha de estar sometida interiormente á la presión de la atmósfera, es la de suponer que la presión normal es constante, y que, por lo tanto, prescindiendo del peso de la tela, la curva de equilibrio habría de ser precisamente un arco de círculo.

Y la razón á primera vista parece evidente; en toda la altura de un globo, suponiendo que esta altura fuese, por ejemplo, de 10 metros (en el de Dupuy de Lôme sería de 14), la variación de presión es mínima, comparada con la presión misma. En efecto; no llega á un milímetro de mercurio cuando la presión total es, pongo por caso, de 760.

Y parece que este mismo razonamiento ha de aplicarse al hidrógeno contenido en el interior del globo.

Sin embargo, tal razonamiento es de todo punto falso.

Y permítame la Academia, puesto que se trata de un trabajo en que tan gran parte tiene el elemento teórico, permítame, repito, que insista sobre dicho problema, que á los que no han tenido ocasión de estudiarlo, les dejará un tanto perplejos.

Fijemos las ideas.

Supongamos que la presión exterior de la atmósfera en el punto más bajo del globo está representada por  $P$ .

La presión del hidrógeno en este mismo punto, tendrá que ser algo mayor para mantener el globo perfectamente hinchado y con cierta rigidez; representémosla por  $P + p$ . De suerte que  $p$ , será la presión resultante y la única que habrá que tener en cuenta.

¿Permanecerá esta presión resultante  $p$ , constante en todo el perfil de la tela, ó al menos sufrirá tan sólo variaciones mínimas? De ningún modo. Sufrirá variaciones comparables con ella misma en toda la altura del perfil hasta la generatriz superior; y si  $p$  fuese bastante pequeña y se contase de arriba á abajo, á los 10 metros, hasta podría convertirse en contrapresión; esto es á primera vista lo extraño, y esto, es, sin embargo, evidente.

Admitamos que en 10 metros de altura decrece la columna barométrica un milímetro y que dicha altura es de 760; no son datos exactos; pero poco importa para el sentido de la demostración. Hemos tomado, para simplificar, números redondos.

En la parte superior de la tela, es decir, á los 10 metros, la presión exterior de la atmósfera será evidentemente

$$P - \frac{P}{760}$$

Y la presión interior, ¿cuál será?

Recordando que el hidrógeno industrial pesa, en números redondos, trece veces menos que el aire, y, por lo tanto, que si cierta columna de aire supone una altura de un milímetro de mercurio, en el hidrógeno será el peso de dicha columna trece veces menor, resulta que en la parte alta la presión de dentro á fuera, será evidentemente

$$P + p - \frac{1}{13} \cdot \frac{P + p}{760}$$

Por lo tanto, la presión resultante del interior al exterior, será igual á

$$\left( P + p - \frac{1}{13} \cdot \frac{P + p}{760} \right) - \left( P - \frac{P}{760} \right)$$

$$= p - \frac{p}{13 \cdot 760} - \frac{p}{13 \cdot 760} + \frac{P}{760}$$

ó, despreciando el segundo término por ser evidentemente muy pequeño en comparación del primero,

$$p - \frac{p}{13 \cdot 760} + \frac{P}{760}$$

Ahora bien, como  $P$  es muy grande en comparación con  $p$ , los dos últimos términos, y sobre todo el último, que representan la variación que ha sufrido  $p$ , serán cantidades comparables con ésta, lo cual prueba la afirmación precedente.

Y, como antes decíamos, si en vez de contar hacia arriba contamos hacia abajo, aún pudiera resultar una contrapresión, porque en vez de  $+\frac{P}{760}$  tendríamos  $-\frac{P}{760}$

Por estas consideraciones se explica la fórmula de Mr. Renard,

$$p \cdot z = t$$

de que parte Mr. Lauriol en su interesante estudio sobre los perfiles de los globos cilíndricos.

Pero el Sr. Torres va más allá, y tiene en cuenta para el cálculo del perfil, no solo las variaciones de la presión resultante en toda la altura del globo, sino el peso de la tela. De este modo obtiene la expresión general del radio de curvatura, y, por operaciones sucesivas y sencillísimas, el perfil total.

La ecuación de que se trata es evidentemente de segundo orden, puesto que en el valor del radio de curvatura entra el segundo coeficiente diferencial; y si se prescinde del peso de la tela, las dos integraciones pueden efectuarse, y ya se han efectuado en otros casos análogos; pero, aun apreciando el peso de la envolvente, pueden efectuarse ambas integraciones como puede verse en la *Nota* que va al fin de este informe, á modo de pura curiosidad científica, aunque lo más práctico será probablemente hacer lo que hace el Sr. Torres; es decir, calcular por la fórmula de su Memoria los radios de curvatura sucesivos.

De todas maneras, no insistiremos sobre este problema de cálculo, que nos separaría más de lo justo de la cuestión principal.

Una duda ocurre, sin embargo, al llegar aquí, y es la siguiente: ¿á qué calcular la curva de la sección recta del globo, si ya la tela tomaría por sí misma en la práctica la forma que deba tomar?

Sin embargo, importa conocer dicha forma, porque de ella depende la capacidad interior del globo, y por lo tanto la fuerza ascensional, así como otros datos interesantes.

No hago más que apuntar estas ideas, porque, si hubiera de desarrollarlas, tendría que dar excesiva extensión á la presente noticia.

Indicaré, sin embargo, otro problema, no como deficiencia de la Memoria del Sr. Torres, sino como pura curiosidad científica, problema que se relaciona con el anterior, y que el Sr. Torres, que domina estas materias, convendría que desarrollase para profundizar más y más su estudio del equilibrio de los globos.

El perfil que calcula es en cierto modo el perfil normal de equilibrio; pero, cuando el globo ascienda, es evidente que todos estos perfiles cambiarán más ó menos, porque ya las fuerzas exteriores se modificarán con la velocidad de ascensión ó descenso, en virtud de la resistencia del aire y de la inclinación variable de los momentos de la superficie de la envolvente.

Nada diremos del cálculo de dicha envolvente en las puntas, lo cual ya sería más complicado, pues habría que considerar á la vez las tensiones transversales y longitudinales.

El Sr. Torres simplifica este cálculo de una manera racional y deduce, de conformidad con otros autores, que la tensión longitudinal tiene poca importancia.

Continuemos ahora la descripción del aerostato.

El globo se halla dividido en sentido longitudinal en diferentes compartimientos por paredes permeables, de suerte que el hidrógeno está limitado en sus cambios bruscos, pero no en su circulación general; y además se han dispuesto diferentes bolsas de aire para regularizar los movimientos de ascensión y de descenso.

A este fin el Sr. Torres emplea un sistema de cámaras de aire sumamente ingenioso y que en realidad constituye un aparato de alturas, análogo, ó mejor dicho, que ejerce funciones análogas á las de los aparatos de profundidades de los submarinos.

Procuraremos dar á la Academia una idea tan clara y tan breve como nos sea posible de esta curiosísima invención, aunque sin entrar en pormenores que alargarían más de lo natural esta noticia.

Se comprende que, si en diferentes partes del globo hay depósitos ó bolsas de aire con cierta presión, dejando escapar este fluido, y, por lo tanto, dando más espacio al hidrógeno, aumentará la fuerza ascensional del globo y éste subirá.

Por el contrario, inyectando aire y haciendo aumentar su presión, aumentará el peso y descenderá el globo.

Por último, si á medida que la máquina va gastando petróleo, que es como si el sistema perdiese lastre, se inyectan en la misma proporción nuevas cantidades de aire en los depósitos de que hemos hablado, el globo se mantendrá á la misma altura.

Todo esto se consigue por medio de cinco cámaras superpuestas y provistas de sus correspondientes válvulas.

La cámara superior lleva como cubierta una especie de fuelle, que subirá ó bajará según la presión interior. Estos movimientos se transmiten convenientemente á las válvulas de las otras cámaras.

Por último, hay en las dos del centro un péndulo que, según se inclina en uno ó en otro sentido, por consecuencia de las inclinaciones del globo, determina la inyección de aire en la parte más alta, á fin de que el globo automáticamente vuelva á recobrar la horizontal.

En la figura 24 están representadas las cámaras á que nos hemos referido.

SEGUNDO.—*Nota sobre el cálculo de un globo dirigible de quilla, tirantes y armaduras interiores.*

De esta Memoria, que es sumamente interesante y digna de ser estudiada con todo detenimiento, diremos, sin embargo, muy poco; porque, con muy poco que se diga, basta para comprender el pensamiento del autor.

Empezamos éste estableciendo las fórmulas conocidas de la resistencia del aire al movimiento del globo, resistencia que representaremos por  $R$ , y del trabajo  $T$  que habrá de desarrollar el motor para vencer esta resistencia, á saber:

$$R = K S V^2$$

y

$$T = K S V^3;$$

en las que  $K$  representa un coeficiente práctico, que para el globo «La France» resulta igual á 0,0188.

En el globo proyectado por el Sr. Torres deberá ser aún menor, porque como se disminuye casi toda la parte exterior, queda como resistencia casi única la que se ejerce sobre el globo mismo.

$S$  representa la superficie de la máxima sección transversal, y  $V$  la velocidad absoluta del aerostato.

Como el peso de un motor de petróleo aumenta, poco más ó

menos, proporcionalmente al trabajo que ha de desarrollar, representando  $m$  un coeficiente numérico, que dependerá del tipo de motor que se escoja y por  $i$  el coeficiente de rendimiento de la hélice y de la transmisión, se tendrá, designando por  $P$  el peso del motor

$$P = \frac{K S V^3}{i m}$$

La cantidad de petróleo que se consume es proporcional al trabajo y al tiempo, de suerte, que, si se representa por  $n$  otro coeficiente numérico que dependerá como  $m$  del tipo del motor escogido, tendremos siendo  $p$  el peso del petróleo necesario para que el globo marche á la velocidad  $V$ , durante el tiempo  $t$ ,

$$p = n \frac{K S V^3}{i} t.$$

Por último, si designamos por  $\pi$  el peso disponible para el motor y el petróleo, se tendrá evidentemente

$$\pi = p + P;$$

y, substituyendo por el peso del motor y el peso del petróleo los valores anteriores,

$$\pi = n \frac{K S V^3}{i} t + \frac{K S V^3}{i m}.$$

Por último, despejando  $t$ ,

$$t = \frac{\pi - \frac{K S V^3}{i m}}{n \frac{K S V^3}{i}} = \frac{\pi i}{n K S V^3} - \frac{1}{m n}.$$

ó bien,

$$t = \left( i \frac{\pi}{K S} \right) \frac{1}{n V^3} - \frac{1}{m n}.$$

A la cantidad  $i \frac{\pi}{K S}$  la designa el Sr. Torres por la letra  $\varphi$ , y le da el nombre de *característica del globo*. Introduciéndola en la fórmula anterior, tendremos

$$t = \frac{\varphi}{n} \frac{1}{V^3} - \frac{1}{m n};$$

es decir, que todos los globos en que la característica  $\varphi$  sea constante podrían estar caminando el mismo tiempo  $t$  con la misma velocidad  $V$ , suponiendo, naturalmente, que los constantes  $m$ ,  $n$ , sean idénticas para todos ellos.

Esta característica  $\varphi$  variará con el tipo del globo, y además variará con las dimensiones; pero todos los globos en que quede disponible el mismo peso total para el motor y para el petróleo, y en que  $i$ ,  $K$  y  $S$  no cambien, ó que, si cambian estas cantidades, su cociente  $\frac{i \pi}{K S}$  no varíe, pertenecerán, por decirlo así, á la misma familia; ó, dicho de otro modo, caminarán el mismo tiempo, con la misma velocidad.

Esta idea es nueva, es ingeniosa y tiene importancia.

El Sr. Torres, ha proyectado un globo, por decirlo así, modelo en su sistema; ha calculado todos sus elementos en la pág. 7.<sup>a</sup> de la Memoria que vamos analizando, y en ella establece los elementos principales, de los cuales citaremos algunos:

Fuerza ascensional.....	4.322 kilos.
Envolvente.....	566 id. de peso.
Bolsas de aire.....	216
Quilla.....	492
La hélice y su árbol.....	200
Barquilla.....	87
Máquina.....	600
Aeronautas.....	250
Provisiones.....	782
Lastre.....	500

El resto comprende el peso de los tirantes, triángulos rígidos, timón, etc.

De todas estas cifras, nos fijaremos en una sola, á saber: en el peso del motor.

El Sr. Torres supone y calcula un motor de 80 caballos, y admite un peso de algo más de 7 kilos por caballo, lo cual está dentro de la realidad, pues demostrado parece que han podido construirse motores mucho más ligeros.

Si en la fórmula del trabajo

$$T = K S V^3$$

se substituyen los valores

$$T = 80 \text{ caballos} \times 0,6 \text{ (siendo 0,6 el coeficiente de efecto útil)}$$

$$K = 0,0188$$

y  $S = 94$  metros cuadrados; resultará

$$80 \times 75 \times 0,6 = 0,0188 \times 94 \times V^3;$$

y tendremos para  $V$  una velocidad de más de 12 metros, casi 13, que es doble de la máxima que en general se ha obtenido hasta ahora, salvo una experiencia de Santos Dumont en la cual dícese que se llegó á 8 metros.

El tipo del globo proyectado puede servir de modelo, decíamos, para una serie de globos en que sólo varíe la dimensión lineal; y entonces serían inútiles nuevos cálculos, porque la página á que antes nos hemos referido contiene una segunda columna en que las cifras de la primera están multiplicadas por  $L^4$ ,  $L^3$ ,  $L^2$ ; ó bien permanecen constantes.

$L$  representa el nuevo valor del módulo y no hay dificultad ninguna, ya por razonamientos directos sencillísimos, ó por lo que pudiéramos llamar la teoría de la semejanza mecánica de las máquinas, que es bien conocida, en pasar de la primera columna á la segunda.

Así, por ejemplo, la cifra 566 de la envolvente se convierte en 566  $L^3$ , puesto que las superficies crecen como los cuadrados de las líneas homólogas.

La fuerza ascensional, en cambio, crecerá como los cubos, de manera que los 4.232 kilos se sustituirán por 4.232  $L^3$ , y así sucesivamente.

Por último, el Sr. Torres ha construido una figura muy interesante, que no es más que la representación de cierta función de tres variables independientes (figura  $\alpha$ ). á saber: el módulo  $L$ , un coeficiente  $\theta$  para el cálculo de las piezas que están sujetas á compresión y la variable  $\frac{i}{K}$ .

Por ejemplo, supongamos que estas tres variables tienen los valores

$$L = 1,8; \quad \theta = 6; \quad \frac{i}{K} = 75.$$

Pues se buscará en la línea  $L$  el número 1,8 y se correrá por la línea inclinada que corresponde á este número, hasta la vertical  $\theta = 6$ .

Por el punto de encuentro pasa próximamente una horizontal (ó puede interpolarse): horizontal que luego se convierte en

línea inclinada, y que lleva consigo, por decirlo de este modo, el valor de las dos primeras variables independientes.

Buscando la intersección de esta segunda línea inclinada con la vertical  $\frac{i}{K} = 75$ , se encontrará otro punto de intersección, cuya horizontal corresponderá á  $\varphi = 3.000$ .

Conocida la característica, fórmula que hemos explicado, da  $t$  en función de  $V$  y de  $\varphi$ , ó puede construirse otro ábaco análogo al anterior.

Tal es, en líneas generales y sin descender á más pormenores, ni á desarrollar los varios cálculos de la Memoria, porque el escasísimo tiempo de que hemos podido disponer no nos lo ha consentido, el resultado del examen que hemos hecho del notabilísimo trabajo del Sr. Torres.

Hemos prescindido por completo, como queda dicho, de multitud de pormenores, que en rigor no afectan al pensamiento fundamental; por ejemplo y para no citar más que estos: 1.º, la manera de unir el árbol de la hélice con la extremidad de la quilla; 2.º, las precauciones tomadas para evitar la torsión del eje de la hélice; 3.º, el medio empleado para aflojar los tirantes y poder aplastar el globo y expulsar el aire antes de cargarlo de hidrógeno. Este sistema se ve con claridad en las figuras 20 y 21.

Antes de terminar la presente noticia permítame la Academia algunas consideraciones generales, aunque muy breves, sobre la estabilidad de los globos, y en particular del sistema propuesto por el Sr. Torres.

Al determinar la estabilidad de un globo, ó, mejor dicho, de un aerostato dirigible, hay que considerar tres casos, que corresponden á tres causas de perturbación:

1.º La que resulta de la marcha misma; perturbación que es considerable en el sistema ordinario, es decir, la barquilla suspendida á bastante distancia del globo, y de hélice unida á la barquilla; porque entonces, como al principio se indicó, estando aplicadas la potencia y la resistencia en dos horizontales distintas nace un *par* perturbador de importancia.

No lo fué en el globo «La France», que estaba magistralmente estudiado, y al cual se aplicaron los notabilísimos trabajos de Dupuy de Lôme sobre estabilidad de globos; pero ha de tenerse en cuenta que el globo de Renard y Krebs sólo marchó con velocidades de 6 metros por segundo, y hoy, gracias á los motores de petróleo, se aspira, aunque todavía no se haya realizado, á obtener velocidades de 10, de 12 y de 14 metros y más; pero nuestro compañero procura demostrar, como hemos visto, que con estas velocidades las antiguas condiciones de estabilidad cambian por completo; y esto es lo que le ha inducido á colocar el eje de la hélice en coincidencia con el eje del globo, en cuyo caso esta clase de perturbaciones se suprimirán casi en su totalidad.

En rigor, y suponiendo que el globo fuese de revolución, no debería colocarse el eje de la hélice en el eje del globo, porque, atendiendo á que, además del globo, existe la barquilla, el punto de aplicación de la resistencia del aire no estaría situado en el eje del globo propiamente dicho, y resultaría un *par* perturbador del equilibrio, no tan grande como uniendo la hélice á la barquilla, pero digno de tenerse en cuenta.

Por eso nuestro compañero, que, como observa la Academia, ha estudiado el problema con gran detenimiento, no ha dado al globo por plano de simetría el plano horizontal que pasa por el eje, y ha establecido el eje de la hélice de modo que pase por el centro de presión de la resistencia total del aire, con lo cual salva por completo la objeción antes señalada.

El problema puede aún apurarse más; porque si bien es cierto que mientras el globo camine con movimiento próximamente uniforme, de suerte que en cada instante la fuerza del motor y la resistencia del aire sean iguales, no se presentará el *par* perturbador á que nos referíamos, también es cierto que esta igualdad matemática de las dos fuerzas se alterará con frecuencia, y, desde luego, siempre que haya cambio de velocidad.

Pero en este caso tendremos una fuerza resultante, que, no

pasando por el centro de gravedad del sistema, tenderá á producir el giro de éste.

Es decir, que la solución ideal, la más perfecta, aquella á que tiende el Sr. Torres y á la que más se aproxima en su invento, es á que estén colocados en el eje del movimiento el *centro de gravedad*, el *centro de presión de la resistencia del aire* y el *eje de la hélice*.

De todas maneras, esta última causa de perturbación, aunque no he tenido tiempo para hacer los cálculos, no parece que ha de ser de gran importancia, y desde luego será mucho más pequeña que en los globos ordinarios.

Además, sabemos que nuestro compañero estudia nuevas modificaciones á su proyecto. Encorva un tanto la quilla por una de sus extremidades para que sirva de apoyo al eje de la hélice, y de este modo podrá bajar dicha hélice lo necesario para que se realice la condición más perfecta del equilibrio en marcha, que es la indicada; á saber: que el centro de gravedad, el punto de aplicación de la resistencia del aire y el eje de la hélice, obren en línea recta.

Y hecha esta aclaración, sigamos adelante.

Suponiendo al globo en marcha, todavía podrían sobrevenir alteraciones repentinas ó irregulares de las corrientes atmosféricas; irregulares por la dirección, por la intensidad y por el punto de aplicación.

Opiniones autorizadas de personas que tienen gran práctica en la navegación aérea niegan que estas perturbaciones existan y que, por lo tanto, tengan influencia alguna en la estabilidad del sistema, á no ser en casos excepcionales, en los cuales, por otra parte, toda navegación aérea sería imposible.

Pero hay otros aeronautas de opinión contraria, y de todas maneras conviene prever de antemano estos cambios repentinos y violentos, por lo cual importa asegurarse de las condiciones de estabilidad del globo mismo.

El estudio de la estabilidad de éste como cuerpo flotante, prescindiendo de las perturbaciones debidas á la marcha y ya estudiadas, depende de la determinación de dos puntos principales, á saber: primero, de la colocación de su *centro de gravedad*; segundo, de la situación del *punto á que está aplicada* la fuerza ascensional y, por lo tanto, de la distancia entre *ambos centros*, que es, en cierto modo, algo así como la longitud de este *péndulo flotante*.

Al actuar sobre el sistema una fuerza perturbadora que no pase por el centro de gravedad, engendrará un *par*, cuyo momento será igual al producto de la perpendicular bajada desde el expresado centro á la dirección de dicha fuerza, por la intensidad de la misma; en cambio, como la vertical que pasa por el punto de aplicación de la fuerza ascensional y de la fuerza de la gravedad, se dividirá en cierto modo en dos, la expresada fuerza ascensional y el peso formarán otro *par* que tenderá á equilibrar al primero.

De aquí resulta que cuanto mayor sea la distancia entre el punto de aplicación de la fuerza ascensional y el centro de gravedad, menor ángulo tendrá que formar esta especie de péndulo para que el brazo de palanca del segundo *par* sea el que corresponda al equilibrio del sistema.

Como discutimos el problema en general, nada decimos del caso particular en que la fuerza perturbadora pase por el centro de la fuerza ascensional, en cuyo caso el ángulo es independiente de la longitud del péndulo.

De aquí, según antes afirmábamos, la conveniencia de determinar ambos puntos; porque dicha distancia por una parte, y por otra parte el peso, indican para una superficie dada del globo las condiciones de estabilidad del sistema.

La determinación de estos dos puntos puede servir en todos los casos de perturbación, producida por un *par* dado, para fijar las condiciones de equilibrio, y particularmente en dos casos extremos, que son los siguientes:

1.º Perturbaciones en el plazo de simetría longitudinal, es decir, movimiento de popa á proa.

El Sr. Torres, aunque no considera probables estas perturbaciones, trata de prevenirlas por un procedimiento muy sencillo.

Si se establece un cable que pase por las dos puntas del globo, y en su centro se suspende un peso (figura b), es evidente que este peso tenderá á bajar el centro de gravedad del sistema, que es como si hubiéramos colocado más baja la barquilla, con lo que la longitud ideal del péndulo que antes indicábamos habrá aumentado, y habrá aumentado la estabilidad del sistema. El señor Torres establece una fórmula sencillísima á este propósito y deduce de ella varias consecuencias importantes.

2.º Otro caso extremo, es el de un viento de gran intensidad y repentino que coja de costado al globo, actuando sobre la mayor superficie, y tendiendo á hacerle girar alrededor de su centro de gravedad; para esta contingencia conviene que el *par* regulador de equilibrio sea el mayor posible.

El estudio de estos dos últimos problemas, que no hemos hecho más que indicar, no aparece en las Memorias que venimos analizando, como tampoco el problema del equilibrio dinámico, ó sea de las oscilaciones del arestato; sin embargo, sabemos que el Sr. Torres, después de publicar ambas Memorias, se ha ocupado en calcular dichos elementos de estabilidad, discutiendo ampliamente el problema general, y obteniendo resultados satisfactorios para su sistema.

No terminaremos estos apuntes sin llamar la atención sobre un punto de importancia, que á primera vista pudiera engendrar dudas y recelos.

La barquilla, en que van naturalmente el motor, el petróleo, el aeronauta, etc., no está suspendida como en los globos ordinarios y á bastante distancia de los mismos (4 ó 5 metros, por ejemplo), sino que está unida directamente, y casi en contacto, con la envolvente del globo: esto ya lo dijimos al principio.

Pues parece, al mirar las figuras, que el globo, con su hidrógeno por una parte, y el motor de petróleo, con sus explosiones y su alta temperatura por otra, están demasiado cerca y puede decirse que la imaginación, el temor y el recuerdo de una reciente catástrofe los acercan aún más.

Estas circunstancias y las objeciones y los recelos que aquí nacen, no podían pasar inadvertidos para el Sr. Torres, que propone con este motivo varias precauciones.

Se exagera mucho, dice el Sr. Torres, en este momento, bajo la influencia de una reciente catástrofe, los peligros de las máquinas de petróleo aplicadas á los globos.

Yo encuentro, sigue diciendo, que las experiencias de Mr. Santos Dumont son concluyentes sobre este punto. Su motor, según los dibujos, estaba próximamente á tres metros del globo; éste, cuya estabilidad era insuficiente, sufría fuertes oscilaciones, y muchas veces ha bajado en condiciones por todo extremo peligrosas, sin que se haya producido accidente alguno.

Sea de ello lo que fuere, el Sr. Torres propone, como antes indicábamos, las siguientes precauciones, mediante las que debe creerse racionalmente que se evita, salvo casos extraordinarios, todo peligro; y, es más, parece que el sistema que se propone es preferible al recurso ordinario de separar la barquilla del globo de 4 á 5 metros de distancia.

Se podrá emplear, dice el Sr. Torres, una camisa incombustible de tela metálica ó de amianto, que incomunicará absolutamente el motor y el globo, porque envolverá por completo al primero.

En esta envolvente de tela de amianto ó metálica se dejarán ventanas cerradas herméticamente con placas de mica.

El cable teledinámico atravesará dicha envolvente por agujeros dispuestos á modo de cajas de estopa.

Los gases calientes de la combustión saldrán por un tubo que habrá de prolongarse más allá de la punta del globo, de suerte que nunca puede haber contacto entre éste y los gases.

Se introducirá el aire en el espacio que envuelve la camisa incombustible por medio de un ventilador, colocado en el piso de la barquilla, á donde en ningún caso podrá llegar el hidróge-

no; y, por exceso de precaución, se colocará una válvula que impida la salida de llamas ó gases calientes del interior.

En este espacio, que, como hemos dicho, queda completamente encerrado por la tela metálica ó de amianto, tanto por los costados, como por la parte superior é inferior, habrá necesariamente una puerta; pero el Sr. Torres la dispone de modo que sea necesario parar la máquina antes de abrir dicha puerta, y que será preciso cerrarla antes de poner en movimiento la máquina.

La envolvente incombustible, distará próximamente un metro del globo, y entre ambos circulará libremente el aire, de modo que, aunque la camisa incombustible se caliente, no llegará al globo mismo.

Dicha envolvente se deberá ensayar haciendo marchar el motor, quemando petróleo y someténdola, en suma, á todas las causas de destrucción que la más exagerada prudencia considere posibles.

Con estas condiciones, dice el Sr. Torres, para que haya comunicación entre el globo y el motor, sería preciso que se produjera una verdadera catástrofe en éste: por ejemplo, una explosión capaz de desgarrar la envolvente incombustible, ó algo por el estilo; pero estas catástrofes serían igualmente terribles en los automóviles, y, sin embargo, no se producen.

Es más, el desprendimiento de chispas ó llamas, que pondrían en peligro el globo, aunque estuviera á 4 ó 5 metros de la barquilla, no pueden tener consecuencia ninguna, adoptándose las precauciones propuestas.

Tales son las razones que alega el Sr. Torres en defensa de su sistema, y que son indudablemente de gran fuerza.

Al final de su Memoria, y además en los trabajos de ampliación á que antes nos hemos referido, propone el autor la construcción de un modelo y una serie de experiencias para estudiar todas las condiciones del nuevo invento.

Del estudio que precede deduce el ponente que queden establecidas las siguientes conclusiones, sin perjuicio de lo que arroje el examen que haga la Academia del proyecto.

1.º El proyecto del Sr. Torres es de verdadera importancia y muy digno de estudio, y demuestra una vez más el talento, la ciencia y la facultad inventiva de su autor.

2.º Es de desear que el invento se ponga á prueba prácticamente, para que la experiencia decida hasta qué punto son exactas las teorías y los cálculos del autor, ó qué modificaciones hay que introducir en ellos.

3.º De todas maneras las, investigaciones y cálculos del señor Torres plantean de una manera general y científica el problema, que hoy es importantísimo, del equilibrio de los globos; en cuyo problema, que nuestro compañero presenta de modo sistemático y completo, y con atinadas aplicaciones del cálculo, poco se había hecho hasta ahora, al menos en forma ordenada, y poco se había publicado desde los trabajos magistrales de Dupuy de Lôme.

Al menos, si por acaso existen trabajos posteriores, ó no se han publicado ó no han llegado á nuestro conocimiento.

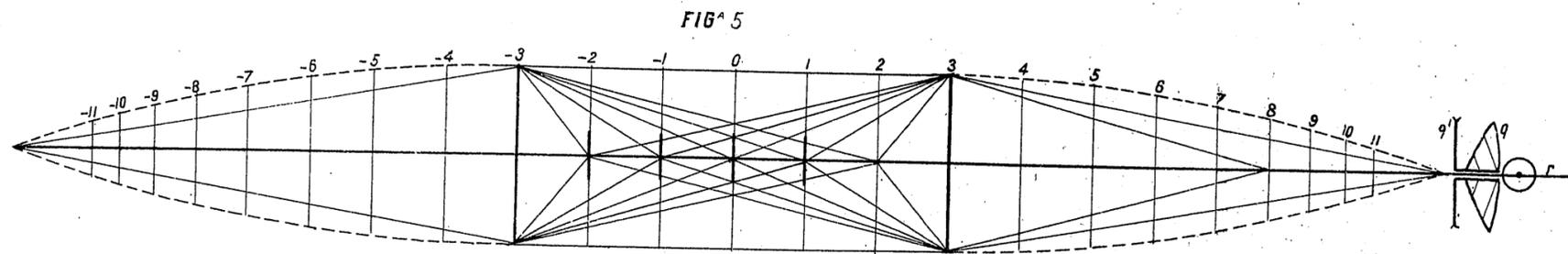
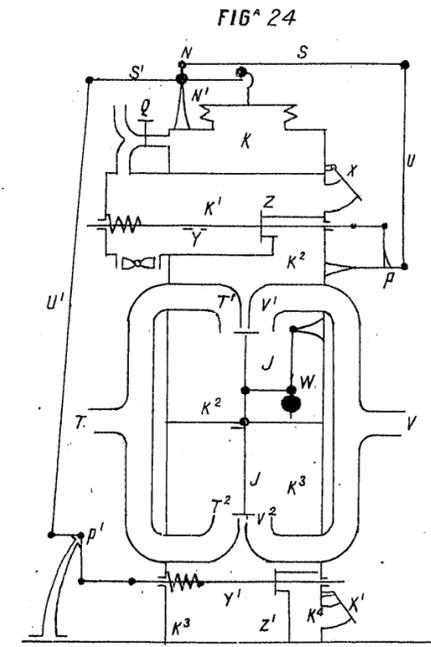
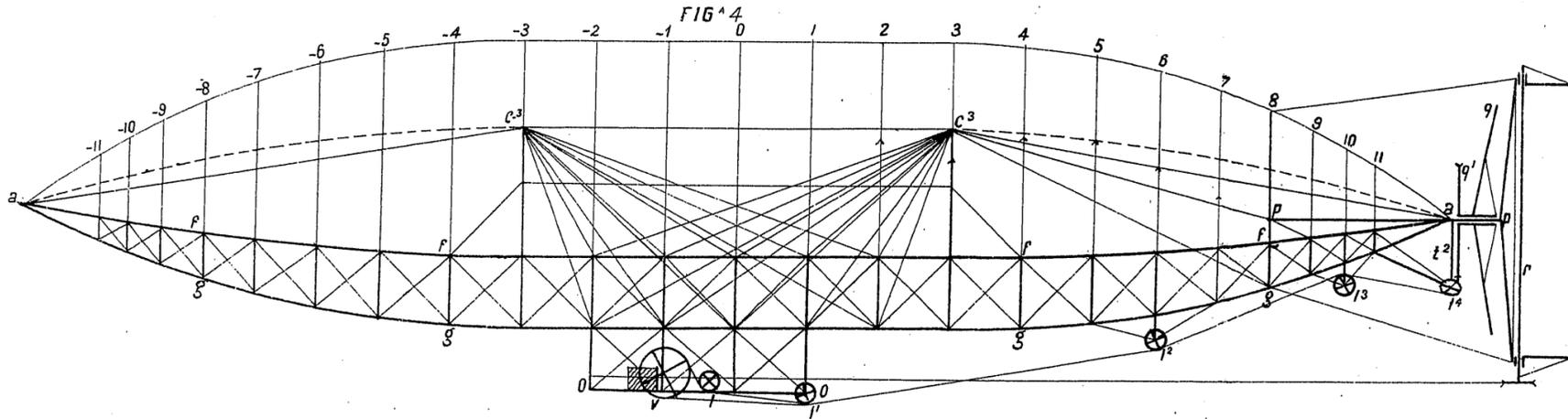
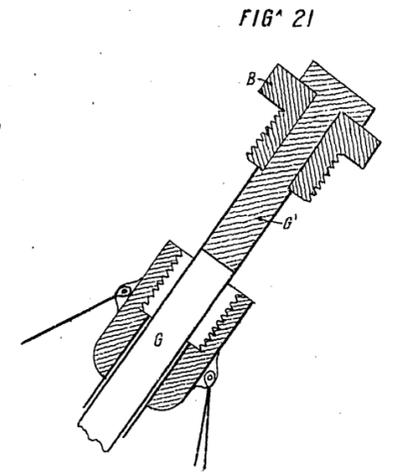
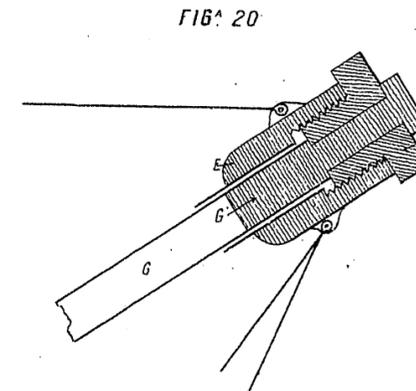
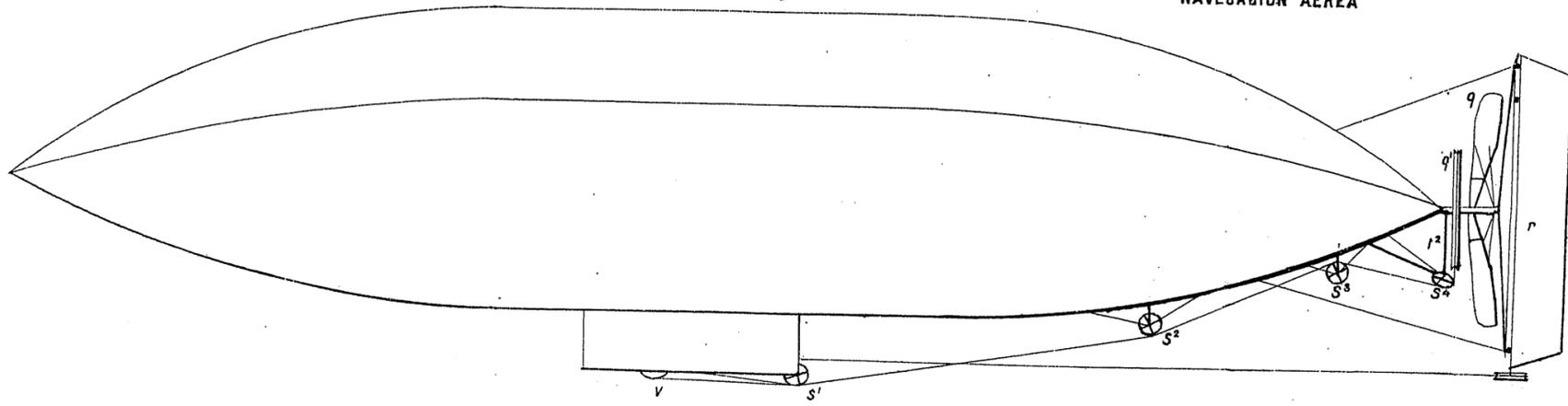
Tal es el análisis, no tan profundo, por la falta de tiempo, como hubiéramos querido, de las notables Memorias del Sr. Torres; y tales son las conclusiones á que nos ha conducido el expresado análisis.

La Academia resolverá lo que estime conveniente (1).

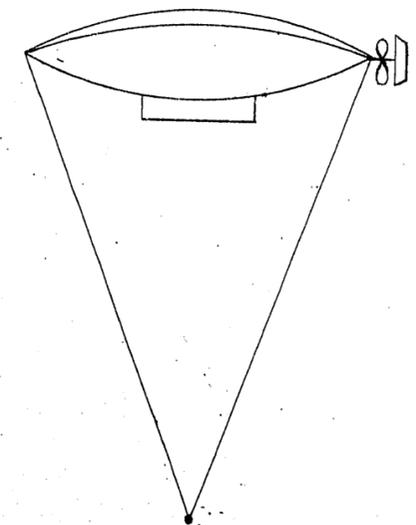
JOSÉ ECHEGARAY.

(Concluirá.)

(1) La Academia ha hecho suyo este dictamen —(N. de la R.)

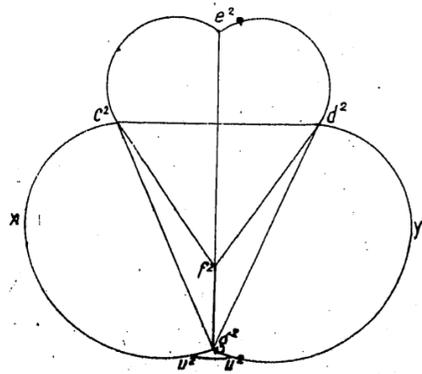


FIG<sup>a</sup> (b)

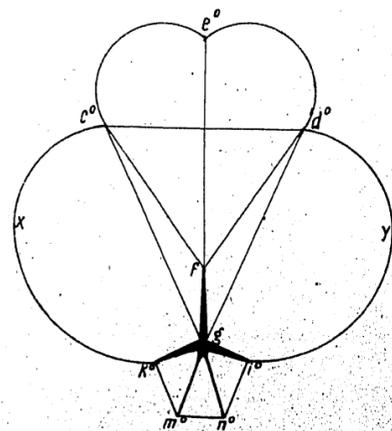


LIT-MENDEZ-ISABEL LA CATOLICA 26-MADRID.

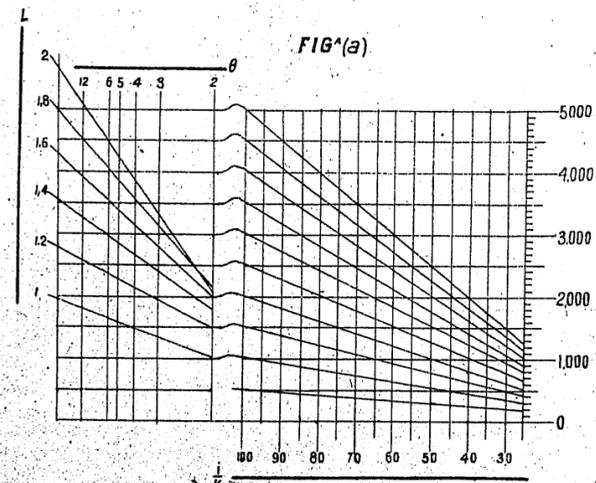
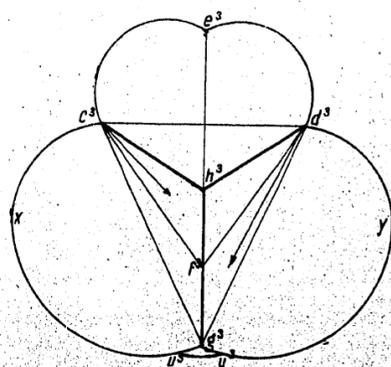
FIG<sup>a</sup> 6



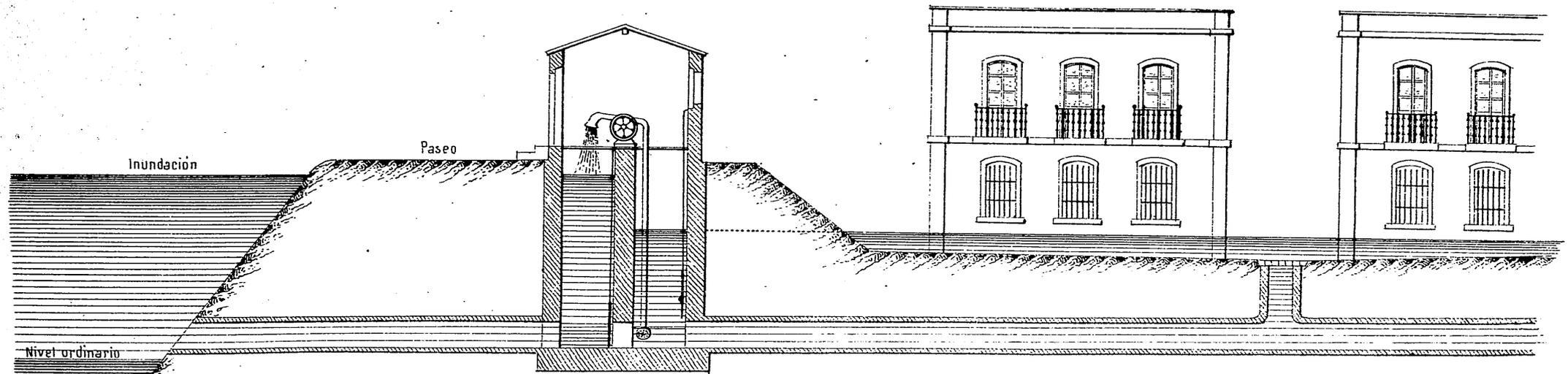
FIG<sup>a</sup> 7



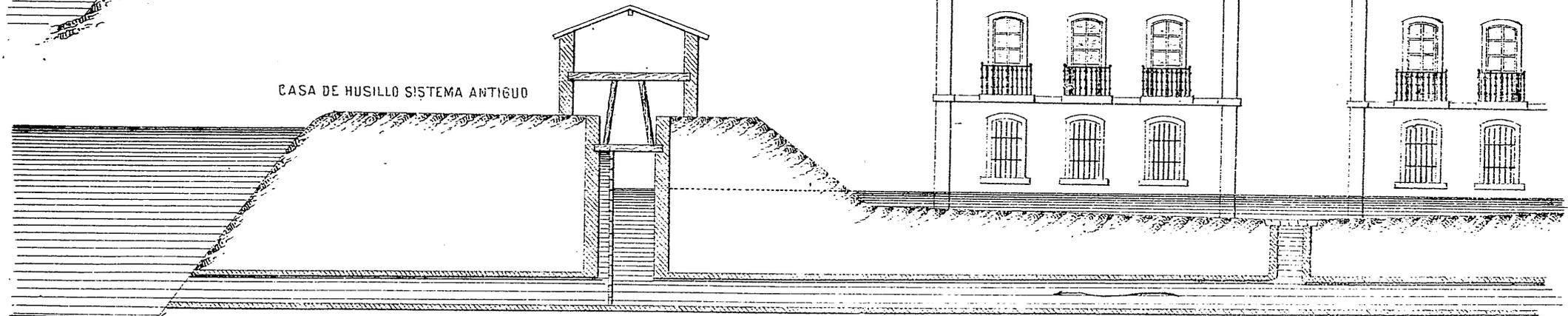
FIG<sup>a</sup> 8



CASA DE HUSILLO. SISTEMA MODERNO



CASA DE HUSILLO SISTEMA ANTIGUO



PLANTA SISTEMA ANTIGUO

