

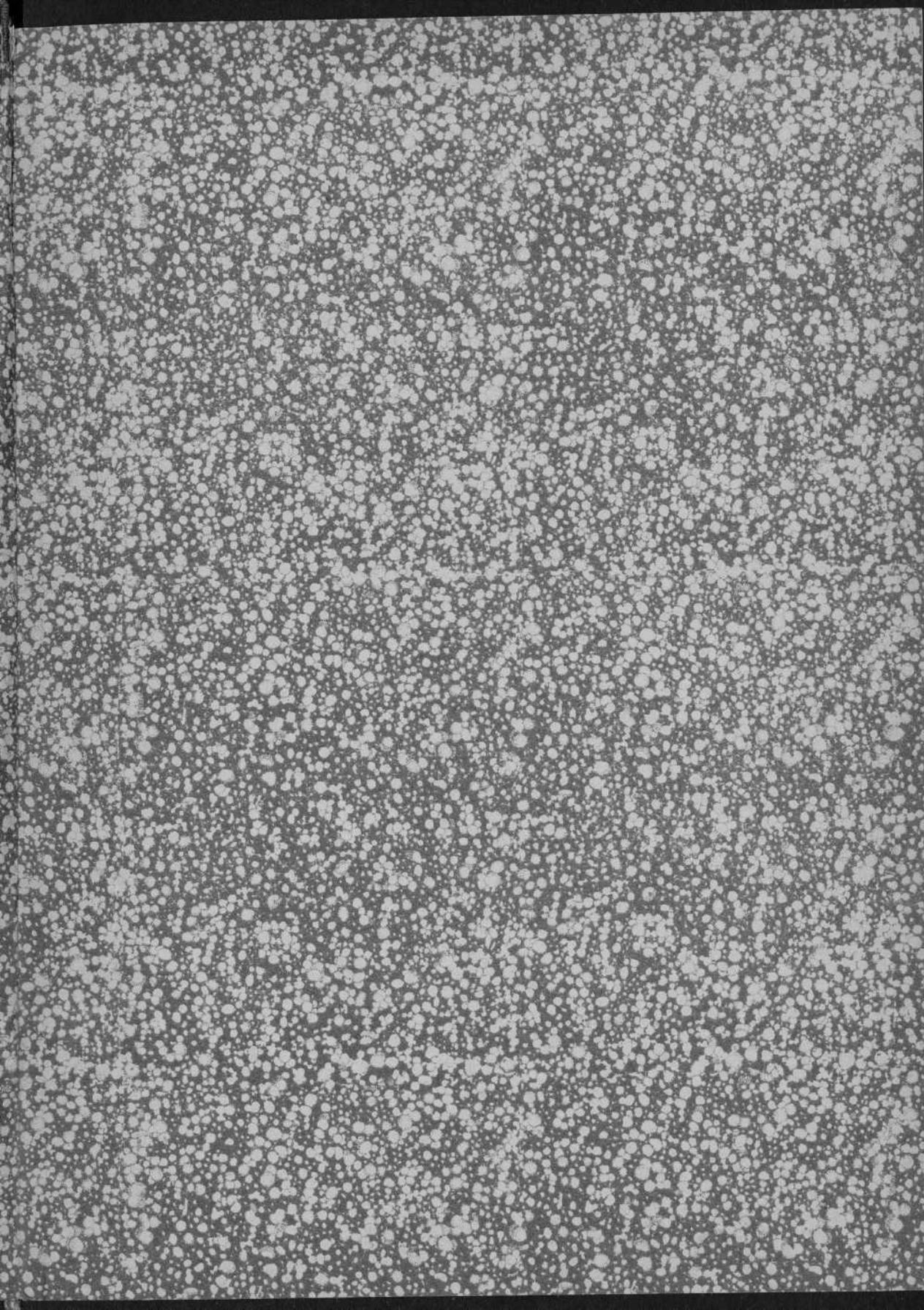
G. BRUNET
INGENIERO

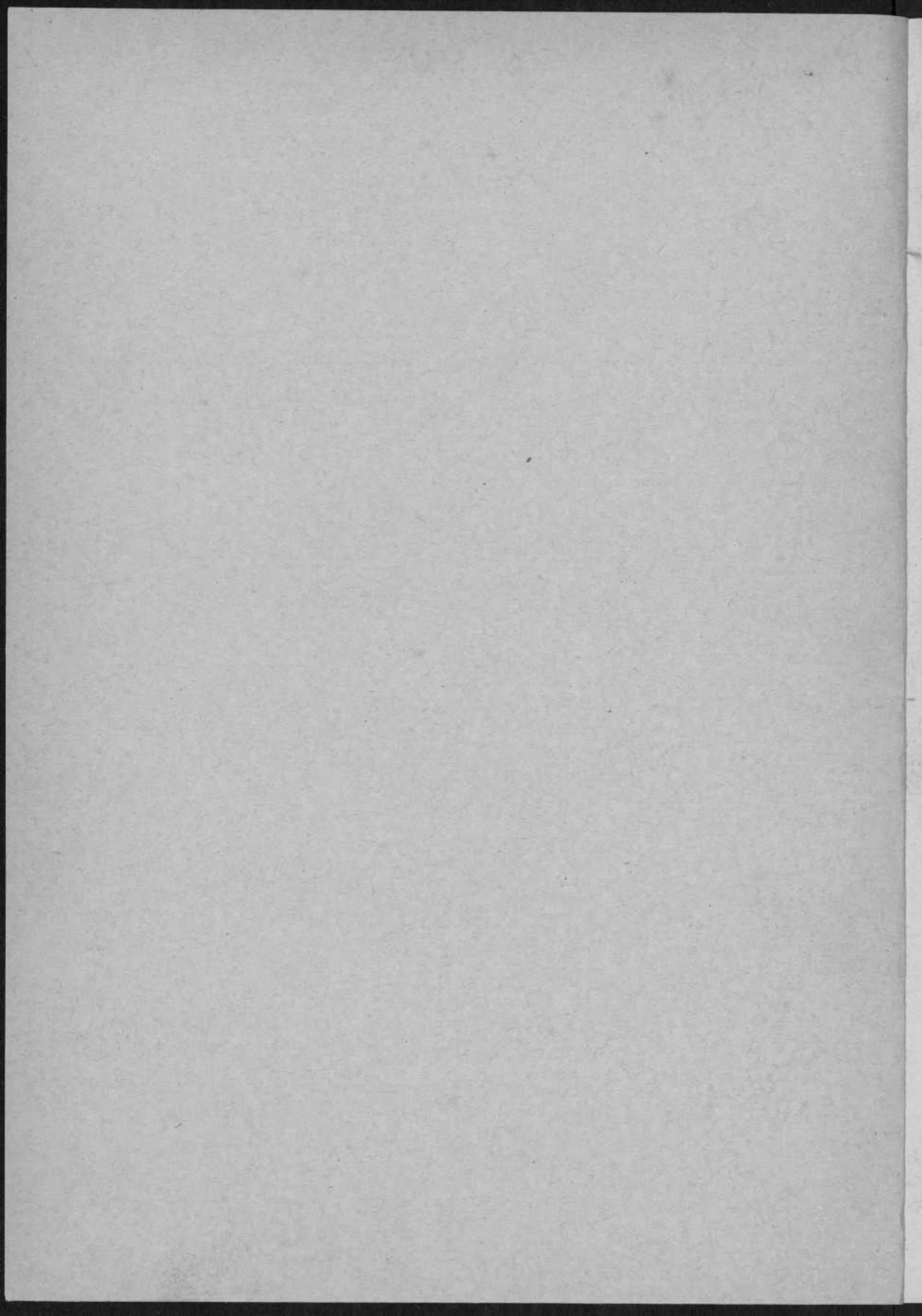
EL AEROPLANO
—MILITAR—

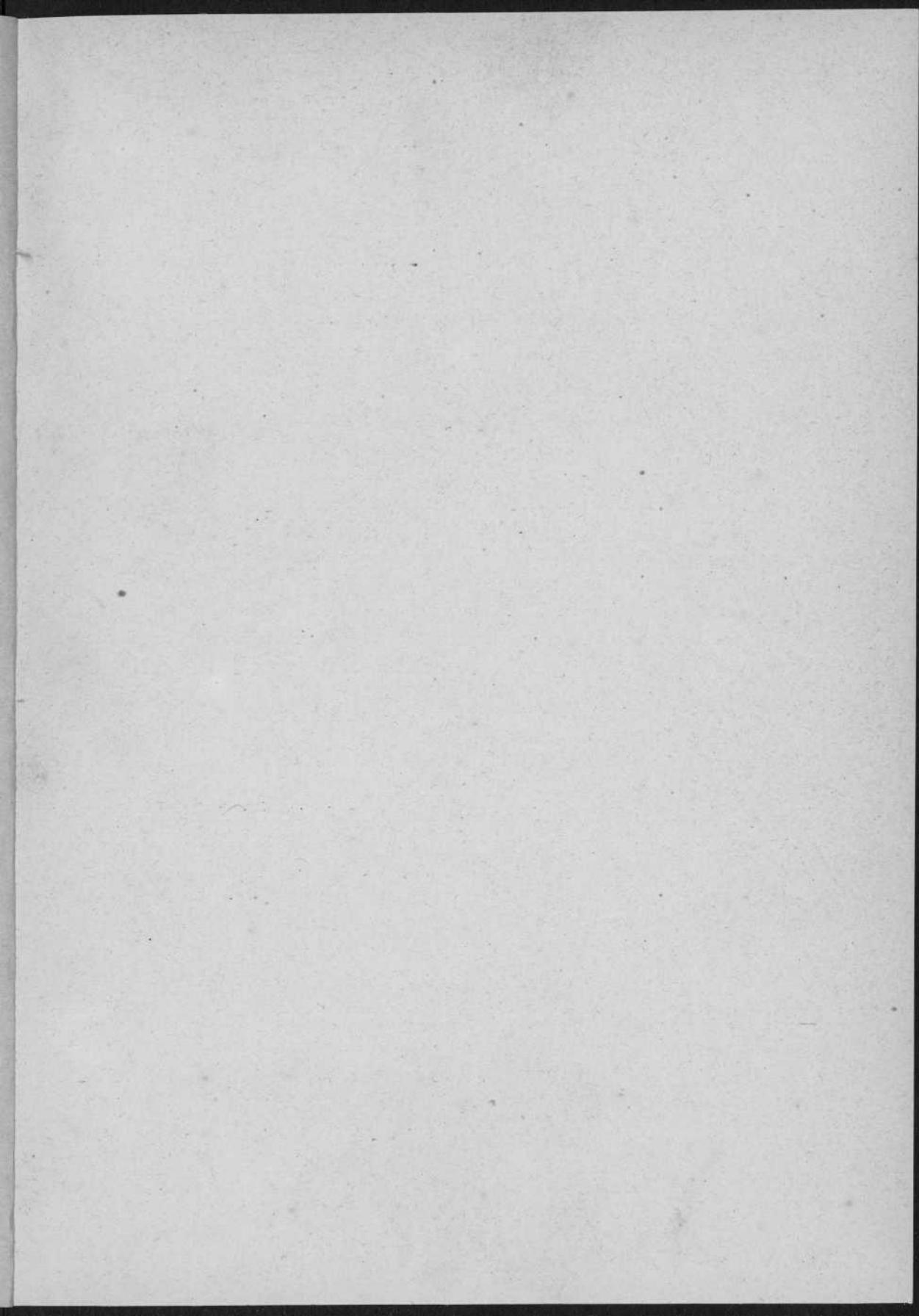
Estudio completo de un
aparato en equilibrio es-
table durante la marcha



679







OBRA NUEVA Única en su clase publicada en idioma español

Curso de Aviación

Historia retrospectiva de la navegación aérea por lo más pesado que el aire.

Técnica de la aviación — Construcción de aeroplanos.

Características, dimensiones y detalles de todos los modelos existentes, &

— POR —

D. GASPAR BRUNET Y VIADERA, ING. IND.

Historia de la Aviación

- I. **Los precursores.**—La aviación en la antigüedad.—Leonardo de Vinci.—Besnier — Blanchard.—El primer helicóptero.—Degen y Henson.—Letour.—De Bris.—Pájaro de Penaud.—Algunos helicópteros.—Los primeros aeroplanos.—**Los héroes**—Maxim.—Phillipps.—Langley.—Picher.—Lilienthal.—Ader.—Hargrave.—**Los ejecutores.**—Chanute y Wright—Santos Dumont.—Ensayos de Voisin, Archdeacon, etc.

Técnica de la Aviación

- II. **Resistencia del aire.**—Fórmulas de resistencia ortogonal. Diversas cifras obtenidas.—Experiencias de Eiffel.—Coeficientes según la forma de los cuerpos.—División de los aparatos voladores.—Ornitópteros y Ornitoplanos.—Helicópteros y helicoplanos.—Aeroplanos.—Efecto del aire sobre un plano inclinado.—Componentes F y H.—Experiencias de Rateau.—Explicación de la sustentación y fórmula de la misma.—Efecto del alargamiento y efecto de la curvatura.—Coeficiente K.—Posición del centro de presión.—Forma de las superficies sustentadoras.—Efecto de cerrar los extremos.—Calidad de las superficies.—Ensayo y construcción de las mismas.

Técnica del aeroplano

- III. **Estudio general del aeroplano.**—Sustentación.—Resistencia al avance.—Condición de equilibrio estable.—Aeroplanos sin motor.—Vuelo planeado.—Tipos de planeadores.—Sistemas de lanzamiento.—Motor exterior.—Aeroplanos con motor.—Equilibrio longitudinal.—Aplicaciones del cálculo gráfico.—Timones y colas.—Estabilidad longitudinal automática.—Maniobra indirecta.—Estabilidad transversal.—Condiciones de equilibrio lateral.—Disposiciones de forma.—Mecanismos automáticos.—Condiciones de marcha.—Marcha a mínima tracción.—A mínimo trabajo.—Estabilidad de ruta.—Resumen de las condiciones de buen funcionamiento de un aeroplano.—Fórmulas prácticas de ejecución.

La hélice aérea

- IV. **Hélices.**—Cálculo.—Trazado.—Ejecución.—Colocación de las mismas.—V. **Detalles y construcción de aeroplanos.**—Detalles constructivos.—Aterrisajes.—Dirección, etc.—Descripción de los biplanos Wright, Voisin, Farman, etc.—Descripción de monoplanos.—Porvenir de los aeroplanos.—Potencia posible.—Hidro-aeroplanos.—VI. **Aparatos, accesorios y motores.**—Indicadores.—Anemómetros, engrase, etc.—Motores empleados.—Cálculo de la potencia.—Sistemas diversos.—Descripción de los principales tipos de motores.—Práctica del vuelo.—Precauciones.—Ensayos.

Un tomo de más de 500 páginas, tamaño 18 X 25, ilustrado con más de 300 grabados (fotografías, planos, gráficos, etc) encuadernado en tela inglesa con relieves en oro, blanco y negro . . . **12 ptas.**

EL AEROPLANO MILITAR

De esta obra se han impreso 40 ejemplares sobre papel
Japón numerados y firmados por el autor.

R-916.

El Aeroplano

Militar



Estudio completo de un
aparato en equilibrio es-
table durante la marcha

POR

G. BRUNET

INGENIERO INDUSTRIAL



BARCELONA

LIBRERIA DE FELIU Y SUSANNA

Ronda de San Pedro, 36

1911

B.P. BURGOS
N.R. -----
N.T. 422659
C.B. -----
22354

ES PROPIEDAD. Queda hecho el depósito que marca la ley.

IMPRESA DE FELIU Y SUSANNA.—*Ronda de S. Pedro, 36.*—BARCELONA.

Prólogo

En mi CURSO DE AVIACIÓN señalé los principios técnicos que conducen al verdadero navio aéreo y el modo de aplicarlos para proyectar un aeroplano en buenas condiciones para navegar por el aire, pero la índole y extensión de la obra no daban lugar á desarrollarlos en forma aplicativa sobre un aparato determinado; por esta causa me decidí á hacerlo en este opúsculo, eligiendo como aparato tipo para el estudio, un aeroplano militar, como primera utilización práctica de los beneficios de la aviación y esta circunstancia es la que motiva el título que encabeza, ya que he tratado de dar al aparato algunas cualidades que sólo tienen importancia bajo el punto de vista militar.

No es hora ya de hacer aparatos poco más ó menos á ojo, por sentimiento ó práctica; nos proponemos estudiar el aparato con un fundamento de cálculo práctico para sus condiciones de sostenimiento y equilibrio: los datos necesarios son escasos, pero bien buscados hay los suficientes para proyectar un aparato que tenga unas condiciones de navegabilidad por el aire conocidas de antemano, como se conocen las de un buque; los experimentos de Eiffel y otros nos proporcionan ya una base para crear una técnica ejecutiva, cuya precisión irá siendo mayor y podrá detallarse más, á medida que las experiencias elementales sobre superficies vayan siendo más numerosas y extensas.

Pero ante todo me he creído obligado á repetir detalladamente algunas nociones elementales de física y mecánica, cuyo olvido

completo entre la mayoría de técnicos y aun de constructores creo es una de las principales causas de que se avance poco y se aumenten las víctimas, tal como preconicé en mis conferencias de 1909. Los constructores de *marca* dicen que para evitar desgracias es preciso no volar más que con aparatos *que hayan hecho sus pruebas*, pero casi todas las desgracias ocurren con aparatos *afamados*; los técnicos no son escuchados, porque los pocos que tratan bien las cuestiones de aviación, suelen hacerlo con un exceso de ciencia fuera del alcance de la mayoría de constructores y tapando á menudo con ecuaciones complicadas los puntos que de otro modo se verían obligados á dejar en blanco.

Se pide dificultar los ejercicios del título á los pilotos olvidando de exigirles los conocimientos técnicos que precisan, paralelamente á los del marino para mandar un buque, siendo así que éste puede desconocer la técnica de la flotación, mientras que el piloto aviador debe conocerla á fondo, para que el instinto no le lleve á veces á una falsa maniobra y, sobre todo, para que el haberle salido bien una vez no le acostumbre á hacer lo que en realidad no debiera hacer jamás; precisa crear verdaderos pilotos del aire, pero también á la vez aparatos que se sepa cómo y de qué modo se sostienen.

He sido el primer preconizador del acoplamiento á incidencias distintas, y cada día voy confirmando más mis ideas sobre este punto; pero si bien en esta obra hago el desarrollo técnico práctico sobre uno de los acoplamientos de mi sistema especial, el mismo método completo de estudio puede aplicarse en forma semejante á otros acoplamientos que quizás puedan salir mejores, y aun á los mismos aparatos actuales, ya se quiera estudiar las condiciones del velamen principal aislado, ya se considere acoplado éste, con las superficies auxiliares fijas, móviles ó deformables que todos llevan.

No existen en realidad monoplanos; la equivocación actual á mi modo de ver, procede principalmente de considerar como sustentadora única la superficie principal mono-ó biplana, y á las otras como auxiliares. El considerarlas juntas es lo que me ha conducido al aparato cuyo estudio voy á desarrollar, que es el tipo elemental de la familia de aparatos que hace tiempo preconizo.

Todos los aparatos, llámense como se llamen, tienen más de una vela; por lo tanto es innegable que el acoplamiento de superficies es la base de la navegación aérea, ya que el empleo de las colas y los timones de profundidad no son otra cosa que acoplamientos encontrados por tanteo. Me propongo pues trazar el camino de estudio de los mismos, empezando por el del acoplamiento fundamental de dos superficies iguales; por el mismo método se puede estudiar el efecto de acoplar grupos desiguales, y cuando los datos sean extensos se podrá calcular con toda precisión el acoplamiento de mayor número de grupos, si bien creo que el pasar de tres es ya una complicación innecesaria y que con dos se obtiene quizás el máximo de efecto favorable.

Con la base de los datos experimentales de Eiffel y otros, he adoptado en todo el estudio el método gráfico, por su sencillez y claridad y principalmente porque tiene la condición de ser un comprobante de sí mismo, no prestándose como los procedimientos algébricos á errores de interpretación y aún á deducir consecuencias, que á veces no son resultado de las condiciones del problema sino de la forma como se ha planteado: la grafostática no admite dudas y hace salir el error á la vista del que lo comete.

La falta de datos no permitirá hoy todavía desarrollar el cálculo con el detalle y precisión que yo hubiera deseado, pero es innegable que hay lo bastante para estudiar la estabilidad con una aproximación suficiente para la buena práctica.

La dificultad de la aviación es la variación de posición del centro de presión, desfavorable á la estabilidad en las formas de superficies de buen rendimiento sustentador. Esta variación de posición del punto de aplicación del esfuerzo sustentador, es lo que estabiliza el buque y hace nacer con las oscilaciones las fuerzas antagónicas que le defienden del mar agitado. En el aeroplano debe ser lo mismo, la fuerza equilibradora ha de nacer de la oscilación, gracias á que el centro sustentador se mueva de un modo favorable como en el buque marino, por esto he buscado el modo de combinar las superficies de manera que el esfuerzo sustentador se mueva como convenga para no caer. Mi técnica de la estabilidad no es hija de aparato cuyo estudio voy á desarrollar, sino que, muy al contrario, es una técnica general que busca gobernar el centro de presión como al constructor le convenga, y ella es la que me conduce al reparto de velas escogido.

El problema de volar está resuelto y no hay en él ningún secreto; los problemas que quedan á resolver consisten simplemente en dar al navío aéreo los mayores medio de defensa contra el aire agitado. Así llegaremos á viajar por los aires con tanta seguridad como sobre el mar; á quien lo dude el tiempo le convencerá.

G. BRUNET.

CAPÍTULO PRIMERO

Fundamentos de la estabilidad

Antes de entrar de lleno en el estudio y cálculos de un aparato, creo conveniente explicar el fundamento ó motivos que me han conducido al sistema de velas adoptado, para lo cual precisa empezar repitiendo una lección de física elemental.

Cuando un cuerpo de menor densidad que un líquido está sumergido en éste, flota, quedando en equilibrio cuando el peso del líquido desalojado por la porción sumergida es igual al peso del cuerpo. Esta condición es necesaria para el equilibrio del cuerpo pero no suficiente, pues estando el peso de dicho cuerpo aplicado á su centro de gravedad, y el esfuerzo sustentador que produce el líquido desalojado en el centro de gravedad de la parte sumergida, es necesario que estas dos fuerzas sean, no sólo iguales, sino también directamente opuestas, y de ahí una segunda condición de equilibrio, ó sea que los centros de gravedad del cuerpo y del volumen de líquido desalojado estén en una misma vertical; así una esfera estará en equilibrio cualquiera que sea su posición: estará en la situación llamada de equilibrio indiferente.

Si es verdad que el equilibrio queda establecido con las dos condiciones anteriores, la estabilidad exige una tercera condición y es que las fuerzas á que el cuerpo está sometido estén dirigidas ú ocasionadas de tal manera que, cuando se separe un poco de su si-

tuación de equilibrio, las mismas fuerzas tiendan á devolverle su posición inicial.

Si tenemos un cuerpo cualquiera flotante, siendo G su centro de gravedad y P el de la parte sumergida, y suponemos por ejemplo que la línea $P G$ (fig. 1) se desvia y toma la posición $P' G'$, el centro de gravedad se mantendrá en G' , posición de G relativamente al cuerpo, pero el centro de empuje habrá tomado una nueva po-

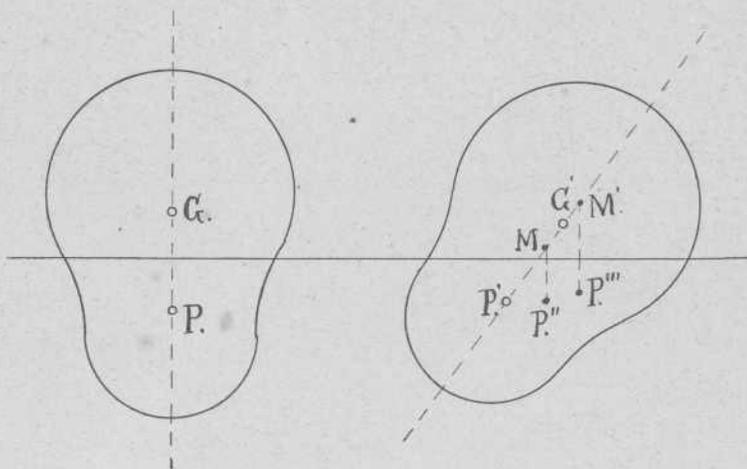


Fig. 1.

sición P'' , correspondiente al centro de gravedad del nuevo volumen desalojado, cuya forma ha cambiado.

Entonces el cuerpo está sometido á la acción de su peso, que obra en G' de arriba abajo, y á la sustentadora que obra en P'' de abajo arriba; resulta de aquí un nuevo sistema de esfuerzos, un *par* de fuerzas, que tiende, en la posición indicada por la figura, á alejar el cuerpo de su posición primitiva: su equilibrio sería en este caso inestable. El punto M , en que la vertical que pasa por P' encuentra á la línea $G'P'$, se llama *metacentro*, y se halla en este caso debajo

del centro de gravedad. Pero si el nuevo centro de empuje ó sustentación estuviera en P'' , en lugar de estar en P' , el par de fuerzas formado por la gravedad ó peso del cuerpo y el esfuerzo sustentador, tenderían á hacer tomar al cuerpo su posición primera, y en tal caso el metacentro estaría en M' , encima del centro de gravedad, y el equilibrio sería estable.

Resulta por lo tanto que el equilibrio será inestable ó estable según que el metacentro esté debajo ó encima del centro de gravedad, y será indiferente si coinciden. Se ve también que la clase de

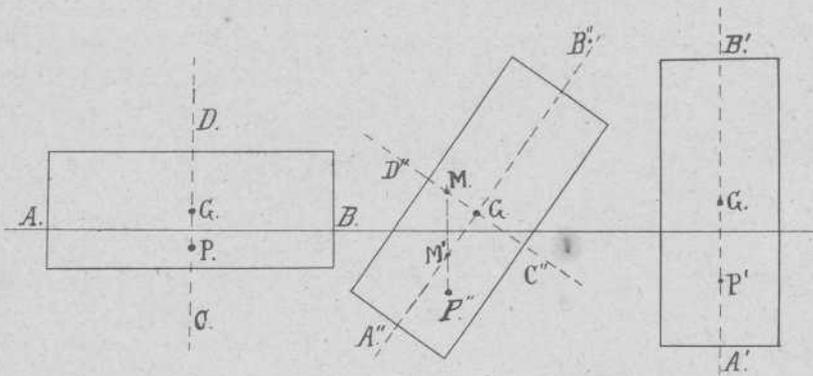


Fig. 2.

equilibrio no depende de la situación en altura del centro de gravedad, sino exclusivamente de la situación del metacentro.

Para aclarar este punto con un ejemplo supongamos que se tiene una viga de madera de sección rectangular flotando sobre el agua (fig. 2).

Si se la colocá primero horizontalmente en la posición $A B$, el centro de gravedad está en G y el centro sustentador en P , y estando estos dos puntos en la misma vertical, habrá equilibrio. Si se inclina ahora la plancha de modo que tome la posición $A'' B''$, el cen-

tro sustentador se hallará en P'' , el metacentro en M , en la línea $D'' C''$, encima del centro de gravedad G , y el cuerpo, abandonado á sí mismo, volverá á tomar su primitiva posición de equilibrio. Si, por el contrario, se hubiera colocado verticalmente la viga en la otra posición de equilibrio $A' B'$, y se la hubiera desviado de esta posición haciéndole tomar la $\dot{A}'' B''$, entonces el metacentro se encontraría en M' , intersección de $M P''$ con $A'' B''$, se hallaría así colocado debajo del centro de gravedad y el sistema de las dos fuerzas aplicadas en G y en M' tiende á alejar el cuerpo de su posición primitiva $A' B'$ y á hacerle tomar la $A B$.

El aeroplano sostenido en el aire es un cuerpo flotante en el cual el esfuerzo que lo sostiene proviene de la reacción vertical del aire debida á la marcha, en lugar de ser debida á la diferencia de densidad; la regla metacéntrica debe verificarse de la misma manera para tenerlo en equilibrio estable, pues dicha regla no tiene nada que ver con el origen del esfuerzo sustentador y, en este caso, como en el del tablón flotando en el agua, se trata *de un esfuerzo sustentador que varía de sitio y es por esta circunstancia que se origina únicamente la tercera condición para que el equilibrio sea estable ó sea que el metacentro se halle por encima del centro de gravedad*. Así podemos aplicar á la figura 3 el mismo raciocinio que hemos aplicado á las figuras anteriores: si el metacentro se halla en M'' el aparato será estable y si se halla en M' será inestable: la línea $P G$ se puede llamar línea de suspensión del aparato, y se ve que en realidad el punto de suspensión del mismo no es el centro de sustentación, sino el punto donde la vertical que pasa por el centro sustentador corta á la línea de suspensión $P G$, ó sea el metacentro: en consecuencia, el aparato *es estable cuando el punto de suspensión ó metacentro está más alto que el centro de gravedad*, pudiendo perfectamente el centro sustentador hallarse más bajo. Y resulta asimismo que *no basta*

que el centro de gravedad esté debajo del centro sustentador para que el aparato sea estable, pues aun así el metacentro, que es el verdadero punto de suspensión, puede hallarse por debajo del centro de gravedad y tender á tumbar el aparato.

El aeroplano, en consecuencia, debe considerarse suspendido, no del punto de aplicación de la resultante de las reacciones verticales del aire sobre el velamen, sino del metacentro, y la situación de este punto se encontrará haciendo oscilar el aparato, el cual será

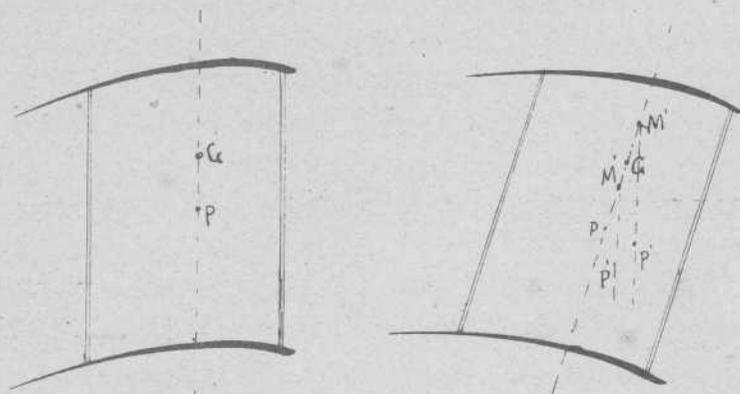


Fig. 3.

estable si el metacentro se encuentra situado encima del centro de gravedad, inestable si se halla debajo, y en situación de equilibrio indiferente si coinciden. Tal sucede cuando el centro sustentador y el centro de gravedad están á la misma altura.

Cuando se considera un cuerpo flotante que toma varias posiciones sin dejar de flotar, en general á cada posición corresponderá un metacentro distinto, y el lugar geométrico de todos estos metacentros será una línea que se llama *curva metacéntrica*. Si suponemos que el movimiento del cuerpo flotante sea de oscilación alre-

dedor de un eje horizontal, perpendicular á un plano respecto del cual el cuerpo sea simétrico, en este movimiento oscilatorio el centro sustentador no saldrá de dicho plano de simetría, y á la curva plana, lugar geométrico de las diversas posiciones del esfuerzo sustentador, corresponderá otra curva, lugar geométrico de los metacentros respectivos, que será una evoluta de la primera en virtud de la definición del metacentro.

Si consideramos el cuerpo oscilando libremente en el espacio, el punto de aplicación del esfuerzo sustentador variará de posición en todos sentidos, determinando una superficie cuya evoluta, creada de una manera análoga, será la *superficie metacéntrica*, llamada por su forma copa metacéntrica. La situación del metacentro en la posición de equilibrio, será la intersección de la curva ó de la superficie metacéntrica con la línea de suspensión que en esta posición es la vertical que pasa por el centro de gravedad; un aparato será tanto más estable cuanto el metacentro se halle más alto, sin que esto pueda tomarse en absoluto, ni como conveniencia práctica el llevarlo á una exageración, pues consideraciones de otra índole demostrarían fácilmente la posibilidad de pasar de lo necesario y los inconvenientes de un exceso de estabilidad.

Una estabilidad excesiva es perjudicial en marina, pues no es el buque más estable, el más marinero ó más apropiado para capear un temporal. De la misma manera, la estabilización del buque aéreo debe ser blanda y flexible, tan distinta de la que le daría un giróscopo muy potente ó un peso muy bajo, como de la situación de los actuales aparatos voladores casi en equilibrio indiferente y hasta inestable algunos de ellos.

CAPÍTULO II

El por qué del acoplamiento

Sentados los precedentes fundamentos, podríamos empezar haciendo el trazado metacéntrico correspondiente al equilibrio ó estabilidad longitudinal de alguno de los aparatos hoy afamados, para hacer resaltar su poca estabilidad propia, pero lo creemos superfluo, ya que el resultado sería parecido y en general más desfavorable que el que obtendremos acoplando dos superficies con incidencias iguales.

Encontraríamos una curva metacéntrica por debajo del centro de gravedad, y que sólo pasa arriba cuando el aparato vuela con una gran incidencia; la curva sería casi vertical y con frecuencia presentaría grandes inflexiones. Si intentamos bajar mucho la posición del centro de gravedad, entonces la curva metacéntrica hará grandes ondulaciones de arriba abajo, lo que explica el tangaje que resulta de bajar el centro de gravedad en los aparatos de vela principal única; colocando el peso bajo, la curva se abre un poco horizontalmente pero en cambio se ondula mucho. Con el centro de gravedad encima del centro de presión, llegaremos en algún aparato á levantar el metacentro, pero entonces la curva metacéntrica es muy cerrada horizontalmente, y por poco que extendamos las oscilaciones estudiadas, encontraremos puntos de inflexión terribles, como también nos encontraremos con que el centro de gravedad alto es un inconveniente para la estabilidad lateral.

No hay necesidad de recurrir al trazado de la curva metacéntrica para comprender lo que pasa cuando oscila un aparato de

vela única. Tomando como ejemplo la superficie curva ensayada por Mr. Eiffel, examinando las posiciones que toma el centro de presión (fig. 4), vemos que en un aparato que marche á una incidencia media de la cuerda de 4 ó 6 grados, cuando el aparato se inclina

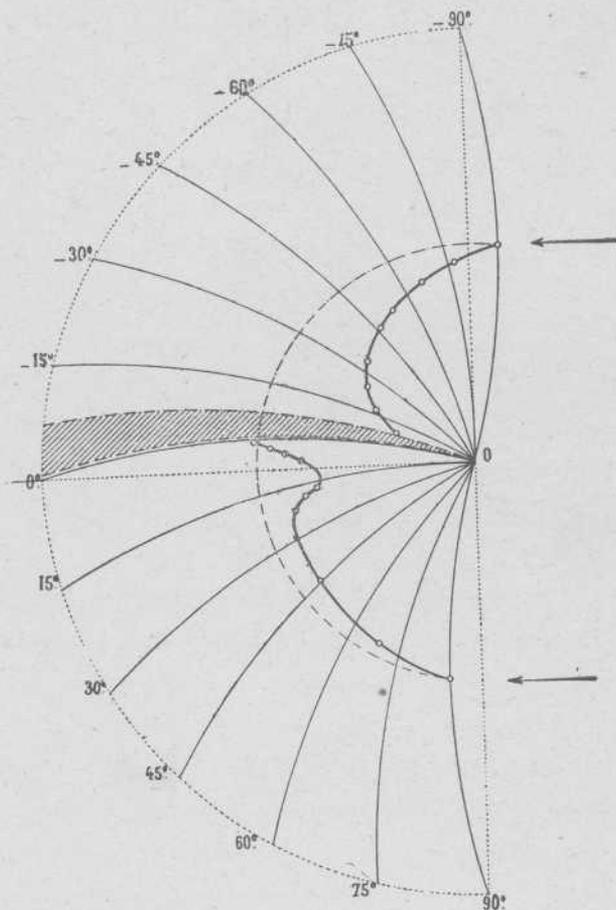


Fig. 4.

hacia adelante el centro de presión se va hacia atrás, tendiendo á tumbar el aparato, y por el contrario, cuando el aparato se encabrita, el centro de presión se adelanta encabritándolo más hasta los 15

grados, en que vuelve á retroceder tendiendo entonces á equilibrarlo. El timón de profundidad y la cola pueden neutralizar algo estos efectos, pero precisa una continua atención del piloto que está forzado á hacer el equilibrista. La cola en sentido de trayectoria parece á primera vista que tiende á mantener el aparato en buena posición, y algunos aparatos tienen gracias á ella cierta estabilidad aparente, pero fijándonos bien vemos que el mismo efecto hace la cola para impedir que el aparato salga de su buena trayectoria horizontal, como para impedir que salga de una mala trayectoria peligrosamente inclinada, la cual pudiera haber tomado por cualquier causa; he aquí el inconveniente que antes he citado de no considerar á la vez todas las superficies que entran en el aparato, y pedirles efectos aislados. Si se hubiera hecho de otro modo, se habría visto pronto la necesidad de colas muy grandes, cargadas con gran parte del peso: así hemos venido nosotros á parar al acoplamiento con incidencias distintas.

El inconveniente citado es en los voladores actuales sobradamente conocido: cuando un aparato se inclina excesivamente hacia adelante, no hay fuerza que lo levante, viniendo la terrible caída de pico, que es el peligro más grave que tiene la aviación. A pesar de que hay constructor que se declara decidido enemigo de lo que llaman *estabilidad automática*, confundiéndolo con *equilibrio estable en marcha*, llamando *estables* á aparatos que se encuentran en realidad solamente *en equilibrio indiferente* ó quizás inestable, ellos mismos han reconocido el inconveniente citado á las superficies curvas, cargando la culpa á la curvatura en vez de profundizar más el estudio; y adoptando algunos, como solución, hacer aparatos con superficies planas, las cuales necesitan doble fuerza para sostener el mismo peso. En la superficie plana el inconveniente es algo menor, pero siempre nos encontraremos con que la tendencia á recobrar la

posición es pequeña, y que el aparato puede tomar posiciones de las cuales no hay medio de sacarle.

Conocido que la dificultad eran los cambios de posición del centro de presión, se busca evitar que se mueva, para que esté siempre sobre la vertical que pasa por el centro de gravedad. Como el centro de gravedad y el de sustentación no pueden hallarse á gran diferencia de altura, esto aproxima á la situación de equilibrio indiferente, en la cual la menor causa exterior turba facilísimamente la posición del aparato, de lo cual resulta el tangaje que siempre será peligroso: el problema es por el contrario buscar el modo de que el centro de presión varíe mucho más de sitio, pero siempre en forma tal que tienda á devolver al aparato su posición de buena marcha y sostenimiento.

¿Por qué longitudinalmente es tan estable un buque sobre el mar? Porque cuando se hunde de proa, es en la proa donde desplaza toda el agua levantando la popa, y por lo tanto el centro de presión se traslada muy adelante y viceversa cuando se hunde de popa; la estabilidad en el aeroplano debe buscarse de la misma manera, y es lo que vamos á intentar por medio del acoplamiento de varias superficies, todas ellas sustentadoras.

CAPÍTULO III

Estudio del acoplamiento fundamental

Vamos á empezar examinando el resultado de acoplar dos superficies iguales con las mismas incidencias: para ello tomaremos dos superficies curvas supuestas obedeciendo á los coeficientes hallados por Eiffel en sus primeros experimentos sobre una placa curva de 900×150 m/m: la situación del centro de presión á cada incidencia nos lo determina la figura 4.

Los valores del esfuerzo vertical los tendremos multiplicando SV^2 por el coeficiente K_y correspondiente á la incidencia de la cuerda según la adjunta tabla.

Tabla de los valores de K_y á incidencias de la cuerda de -7 á 30 grados, deducidos de los experimentos de Eiffel sobre una placa curva de 900×150 m/m

Incidencia en grados	K_y	Incidencia en grados	K_y	Incidencia en grados	K_y
-7	0,0000	6	0,0585	19	0,0700
-6	0,0054	7	0,0624	20	0,0675
-5	0,0100	8	0,0661	21	0,0669
-4	0,0144	9	0,0694	22	0,0663
-3	0,0198	10	0,0720	23	0,0657
-2	0,0242	11	0,0739	24	0,0652
-1	0,0280	12	0,0750	25	0,0645
0	0,0330	13	0,0755	26	0,0640
1	0,0374	14	0,0758	27	0,0635
2	0,0418	15	0,0760	28	0,0630
3	0,0461	16	0,0752	29	0,0625
4	0,0503	17	0,0740	30	0,0620
5	0,0545	18	0,0725		

Supongamos una superficie de 15 metros cuadrados á la velocidad de 16 metros por segundo.

$$\text{el valor de } SV^2 \text{ será} = 15 \times 16^2 = 3840$$

que, multiplicado por los valores de K_y , nos dará el esfuerzo sustentador, el cual, para abreviar calcularemos inmediatamente para todas las incidencias que necesitaremos más adelante:

a $-5^\circ = 0,0100 \times 3840 = 38,40$ k.	a $13^\circ = 0,0755 \times 3840 = 289,92$ k.
$-4 = 0,0144 \times 3840 = 55,30$	$14 = 0,0758 \times 3840 = 301,07$
$-2 = 0,0242 \times 3840 = 92,93$	$16 = 0,0752 \times 3840 = 288,76$
$-1 = 0,0280 \times 3840 = 107,52$	$17 = 0,0740 \times 3840 = 284,16$
$1 = 0,0374 \times 3840 = 143,62$	$19 = 0,0700 \times 3840 = 268,80$
$2 = 0,0418 \times 3840 = 160,51$	$20 = 0,0675 \times 3840 = 259,20$
$4 = 0,0503 \times 3840 = 193,15$	$22 = 0,0663 \times 3840 = 254,59$
$5 = 0,0545 \times 3840 = 208,88$	$23 = 0,0659 \times 3840 = 252,28$
$7 = 0,0624 \times 3840 = 239,62$	$25 = 0,0645 \times 3840 = 247,68$
$8 = 0,0661 \times 3840 = 253,82$	$26 = 0,0640 \times 3840 = 245,76$
$10 = 0,0720 \times 3840 = 276,48$	$28 = 0,0630 \times 3840 = 241,92$
$11 = 0,0739 \times 3840 = 283,87$	$29 = 0,0625 \times 3840 = 240,00$

Supongamos, figura 5 (*), un aparato de 321 kg. de peso, compuesto por dos de estas velas una tras otra: cada una sostendrá á dos grados de incidencia 160,51 kg. Por lo tanto, el centro de gravedad deberá hallarse en la vertical que pasa por el punto medio de la línea que une los centros de presión; en consecuencia, lo colocaremos encima de ella algo por debajo, en G.

(*) En esta figura como en la 6 hemos supuesto cada una de las dos superficies, representando á escala la media de un biplano de 6.n. 89 envergadura \times 1m. 12 profundidad con objeto de que resultaran los dibujos en proporciones aproximadas á las del doble biplano que luego calcularemos, y de este modo se vean mejor las transformaciones que sufren las curvas operando en condiciones análogas. Operando verdaderamente con dos monoplanos el resultado es aún más decisivo.

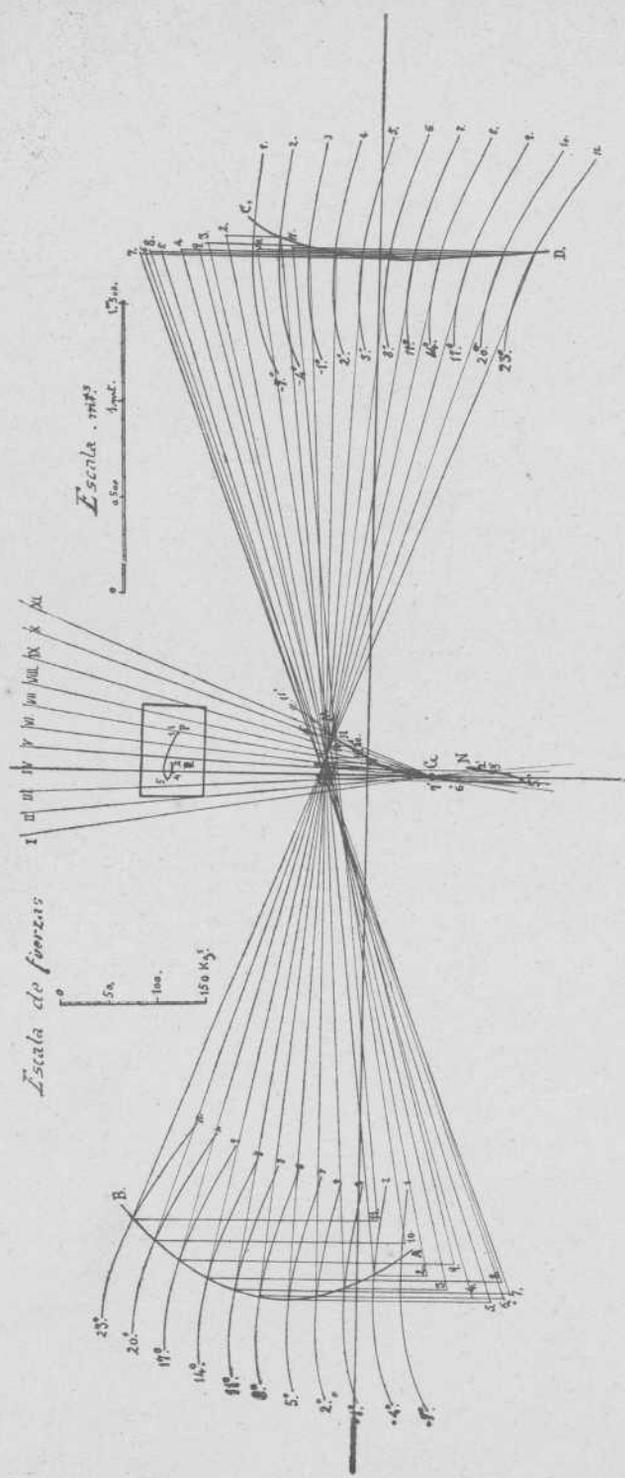


Fig. 5.—Acoplamiento de dos superficies semejantes á incidencias iguales

Trazado de la curva de centros de presión y de la curva metacéntrica

Supongamos que el aparato, conservando su misma velocidad de 16 metros, oscila de tres en tres grados, hasta las incidencias de 23° , y -7° , en la cual se anula la fuerza sustentadora; tendremos las posiciones 1, 2, 3 etc. 11 de las velas, sobre las cuales marcaremos la posición del centro de presión según la figura 4, resultándonos las curvas AB y CD, representativas de las posiciones del centro de presión durante la oscilación en cada vela. Si en los puntos de estas curvas correspondientes á cada posición levantamos perpendiculares sobre las cuales medimos á la escala de fuerzas los kilogramos correspondientes á las posiciones respectivas, que en este caso son siempre iguales en las dos velas, en la forma que se hace en grafostática, uniendo los extremos de estas fuerzas á escala en su punto de aplicación, una en sentido contrario de la otra, nos resultarán los puntos 2, 3, 4 ... á 11 de la curva PQ que, para mayor claridad, hemos dibujado algo encima del punto donde se halla para hacer ver su forma. Esta curva representa las posiciones del esfuerzo sustentador resultante durante la oscilación. Si de estos puntos trazamos líneas verticales, hasta cortar la línea de suspensión correspondiente á cada posición I, II, III ... á XI, tendremos los puntos 2', 3', 4' ... á 11', que nos determinarán la curva metacéntrica MN. Tanto el examen de esta curva, como el de la PQ nos hacen ver que en la posición 1 el aparato no puede sostenerse; de modo que, la menor oscilación hacia adelante, hará caer el aparato de pico. Lo mismo pasa en los aparatos de superficie principal única: esto explica el fracaso de los tandems de Windmann Boutarie, Cesar y otros, ya que, además de no ganar nada sobre los aparatos corrientes en cuanto á estabilidad propia, resulta por otra parte que el timón horizontal equilibrador tiene en un tandem menos potencia, por estar cerca de una de las superficies y ser antagonista de la otra, por lo tanto se ve que un tandem con incidencias igua-

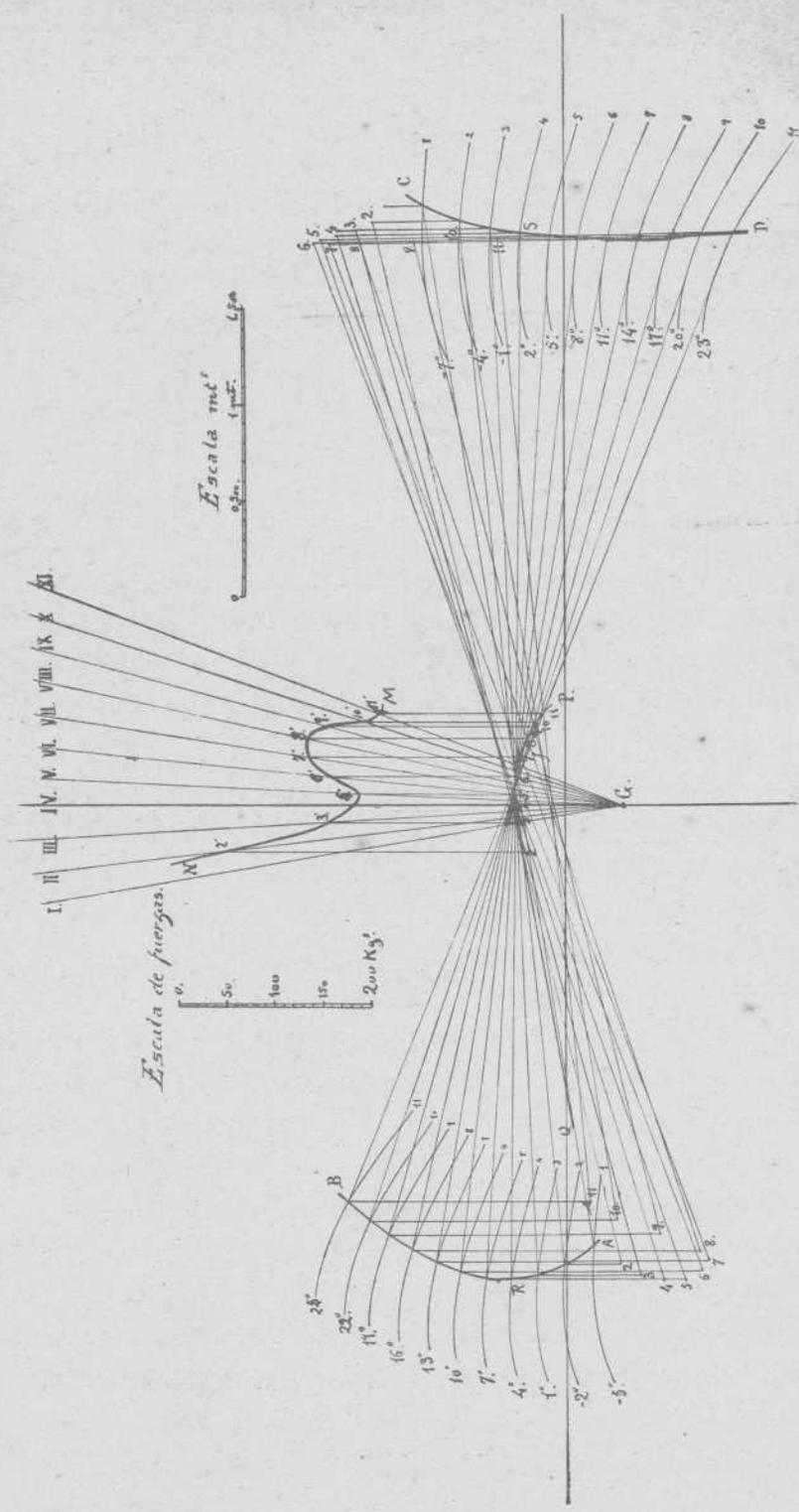


Fig. 6. — Acoplamiento de dos superficies semejantes á incidencias distintas
 Trazado de la curva de centros de presión y de la curva metacéntrica

les es análogo al aparato de vela única en cuanto á equilibrio propio, pero tiene la desventaja de la menor eficacia en las superficies auxiliares.

Si el aparato empieza á encabritarse, continuará rápidamente su movimiento hasta más allá de la posición 7, en que encontrará una situación algo estable; el resultado es análogo al de la vela única, que empieza á ser estable á los 15°, ó sea cuando el centro de presión retrocede á medida que la incidencia aumenta.

Con los mismos datos y en las mismas condiciones acoplemos ahora las dos superficies de modo que en la posición de marcha normal la delantera tenga una incidencia de 4° conservando la de 2° para la posterior (posición 4 de la figura 6). Los esfuerzos verticales serán de 193,15 kg. en la vela de delante y 160,51 en la de detrás aplicados respectivamente, en los puntos R y S; el aparato deberá pesar ahora 353,66 kg.

Para saber cómo hemos de cargarlo á fin de que esta sea posición de equilibrio á 16 metros de velocidad en horizontal, llevaremos perpendicularmente hacia abajo en R á la escala de fuerzas el esfuerzo $R_4 = 160$ k. que actúa en S, y de la misma manera en este punto hacia arriba el esfuerzo $S_4 = 193$ k. que actúa en R, uniendo los extremos 4 de estas fuerzas y sus puntos de aplicación S y R el punto donde se cruzan estas líneas, que es el 4 de la curva PQ, será el punto de aplicación de la resultante, donde verticalmente debemos cargar el peso de 353,66 kg. suma de los dos, el cual colocaremos algo más bajo en G, que será ahora el centro de gravedad del aparato. Resulta como era natural que el aumentar incidencia en la vela de delante nos obliga á adelantar el peso para que su efecto se reparta en consecuencia.

Suponiendo, como anteriormente, oscilaciones al rededor del centro de gravedad de tres en tres grados, podremos trazar las

curvas AB y CD, que serán muy semejantes á las de la figura anterior, ya que lo único que las hace diferentes es la ligera variación del punto de giro G. De la misma manera que hemos compuesto los esfuerzos en la posición 4, compondremos los correspondientes á las demás posiciones trazadas, colocando hacia abajo sobre la vela de delante, los esfuerzos correspondientes á la misma posición en la de atrás y vice-versa, verticalmente hacia arriba en la de atrás, los correspondientes á la superficie delantera. Uniendo también del mismo modo los puntos de aplicación de las fuerzas y los extremos de las mismas marcados con los números correspondientes á cada posición, los puntos de cruce de cada par de líneas nos determinarán los puntos 1, 2, 3... á 11 de la curva PQ, representativa de las posiciones del centro de presión resultante de las dos superficies acopladas con 2 grados de diferencia, durante la oscilación. Trazando ahora las posiciones I, II, III... á XI de la línea de suspensión y verticales desde los puntos correspondientes de PQ, los puntos 1' 2' 3'... á 11' donde éstas encuentran á aquéllas nos determinan la curva metacéntrica MN, toda por encima del centro de gravedad y por lo tanto el equilibrio es estable.

La transformación realizada es inmensa. La variación de posición del centro de presión resultante entre las posiciones 2 y 11 es más del doble que antes, y siempre favorable al equilibrio estable; cuando el aparato se encabrita el centro de presión se retrasa tendiendo á corregir el levantamiento; cuando el aparato se inclina hacia adelante el centro de presión se adelanta tendiendo también á rectificar la oscilación. En la posición 1 el esfuerzo en la vela de atrás es 0, queda pues sólo el esfuerzo de delante á -5° que es todavía positivo y vale $38^k 40$ aplicados en el punto A obrando con un brazo de palanca de $2^m 30$ sobre el punto G donde cargan los 353 kg. del peso, de lo cual resulta un par de fuerzas rectificador

enorme. Aunque dicha oscilación continuara, cuando el esfuerzo en la vela de delante llegaría á 0 habría un esfuerzo negativo en la vela posterior, de modo que existiría todavía un par con tendencia á la rectificación, ya que dada la posición relativa de las velas, por la misma razón de que cuando reciben el aire por debajo el esfuerzo es mayor delante, cuando lo reciban por encima presentará mayor incidencia la vela posterior y habrá por lo tanto siempre una tendencia á llevar el aparato á la posición 4. La lista de los esfuerzos

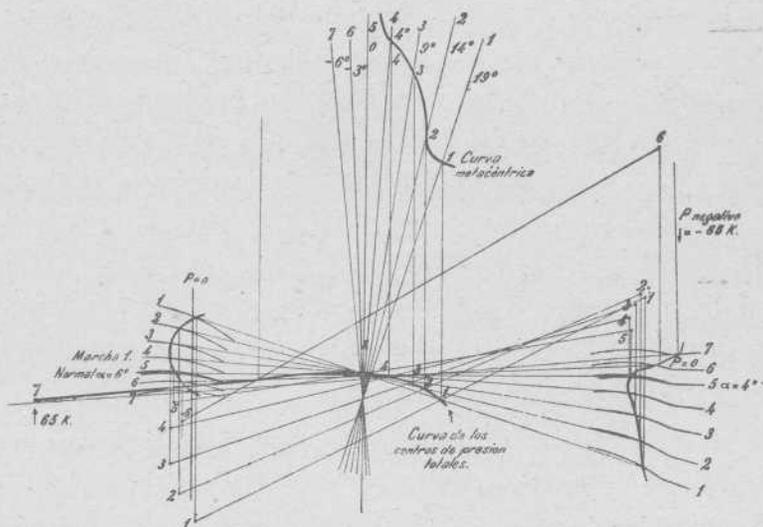


Fig. 7

calculados de la pág. 22 demuestra que, á medida que la encabrita aumenta, la diferencia entre los esfuerzos correspondientes á los dos grupos de velas va disminuyendo, por lo tanto va siendo siempre mayor la preponderancia del efecto del peso mayor, cargado hacia la vela delantera.

El resultado que hemos obtenido acoplando dos grupos con incidencias distintas, tomando como base de cálculo los resultados

experimentales de M. Eiffel sobre superficies curvas, habría resultado análogo hecho con superficies planas, ó tomando como base de cálculo los otros datos experimentales que existen ó también alguna de las fórmulas de cálculo conocidas. La figura 7 es la reproducción de uno de los primeros tanteos hechos antes de los experimentos de Eiffel, calculando los esfuerzos por las fórmulas de Soreau y la situación del centro de presión según los experimentos de Rateau.

La superficie posterior lleva una prolongación plana dando unas curvas de situación del centro de presión y metacéntrica algo mejores por razón de dicha prolongación plana, pero que presentan una marcha parecida á las de la figura 6, á pesar de ser calculadas para un aparato de proporciones distintas y por procedimiento de cálculo también muy diferente, demostrando que la transformación lograda sigue una regla general y procede del acoplamiento elegido, del cual resulta un conjunto gozando de las condiciones que se busca dar á la superficie única.

Un aparato construído en esta forma será estable de por sí; mejor dicho, su equilibrio durante la marcha será verdadero equilibrio estable, que rectificará las oscilaciones que una causa cualquiera le produzca, teniendo lo que se llama estabilidad automática, ni más ni menos que la situación longitudinal del buque respecto á la superficie del mar. El piloto no necesitará en tiempo de calma guardar equilibrio alguno; el aparato tendrá una defensa propia hasta cierta intensidad de causas perturbadoras, así como el aparato actual en sí no tiene casi ninguna. Si queremos aumentarle la defensa, nada nos impide añadirle maniobras ó mejor dicho, superficies deformables que produzcan los efectos convenientes sin alterar lo fundamental, con lo cual aumentaremos su potencia resistente á la at-

mósfera turbada, que es el verdadero punto á resolver del problema de la navegación aérea.

La técnica corriente busca hacer que el centro de presión no se mueva, para que coincida verticalmente con el centro de gravedad; nuestra técnica consiste en procurar que el centro de presión se mueva lo más posible, pero de manera que su movimiento devuelva al aparato la buena posición: esto es buscar un buque de forma usual; lo primero es querer hacer buques de casco esférico.

CAPÍTULO IV

Cómo debe ser el aeroplano militar

Dos utilidades ó servicios puede prestar el aeroplano en la guerra: como explorador ó mensajero y como arma. El primero es indiscutible: su velocidad le permite trasladarse con rapidez de un punto á otro, dominar desde gran altura las posiciones y maniobras del enemigo y transmitir órdenes por encima de sus filas si es preciso, fiado en su invulnerabilidad desde tierra.

Este servicio reclama un aparato ligero y poco voluminoso, fácilmente transportable y desmontable, que pueda salir en poco espacio ó instalarse en sitios difíciles; sólo un hombre debe tripularlo y la sencillez debe presidir ante todo, con la condición de ser fácil de pilotar.

Este es el tipo que vamos á estudiar en detalle ya que en realidad no existe todavía. Los pequeños monoplanos actuales tienen poco radio de acción, son peligrosos por su falta de estabilidad á la vez que muy voluminosos, poco sólidos y relativamente pesados. Los aparatos de mayor potencia son menos apropiados todavía para las conveniencias de campaña: todos tienen el defecto de necesitar un reglaje delicado.

El aeroplano como arma debe ser mucho más poderoso y veloz; debe ir tripulado por tres hombres y debe llevar carga y armamento. Sus principales servicios han de ser tanto perseguir y destruir á los exploradores, como colocar proyectiles en sitios especia-

les de alcance difícil ó imposible á otras armas. Es un aparato de proporciones muy superiores á todos los voladores actuales, y á este tipo parece tiende el concurso actualmente abierto por el gobierno francés. Forzosamente debe ser un aparato pesado, de instalación más dificultosa y requiriendo más terreno ó sitio más apropiado para efectuar la salida y llegada: este debe pertenecer al cuartel general mientras el otro puede ir en las avanzadas.

He aquí transcritas las condiciones del concurso francés.

Art. 3º. Los aparatos deberán reunir las condiciones siguientes:

a.—Estar contruídos por completo en Francia con materiales escogidos.

b.—Ser capaces de cubrir sin escala un circuito cerrado de 300 kilometros.

c.—Poder llevar durante este recorrido un peso útil de 300 kilogramos aparte del combustible, aceite, agua, etc., necesario para el recorrido.

d.—Llevar tres asientos; para el piloto, un ayudante ó mecánico y un observador.

e.—Realizar una velocidad propia mínima de 60 kilometros por hora.

f.—Poder aterrizar fácilmente en terrenos de labranza, alfalfas, praderas, rastrojos y poder salir de ellos.

h.—Ser de transporte fácil, sea ó no embalado, por carretera ó vía férrea, y poder ponerse rápidamente en servicio sin reglaje minucioso.

Art. 4º Además es deseable que los aparatos respondan también á las condiciones siguientes:

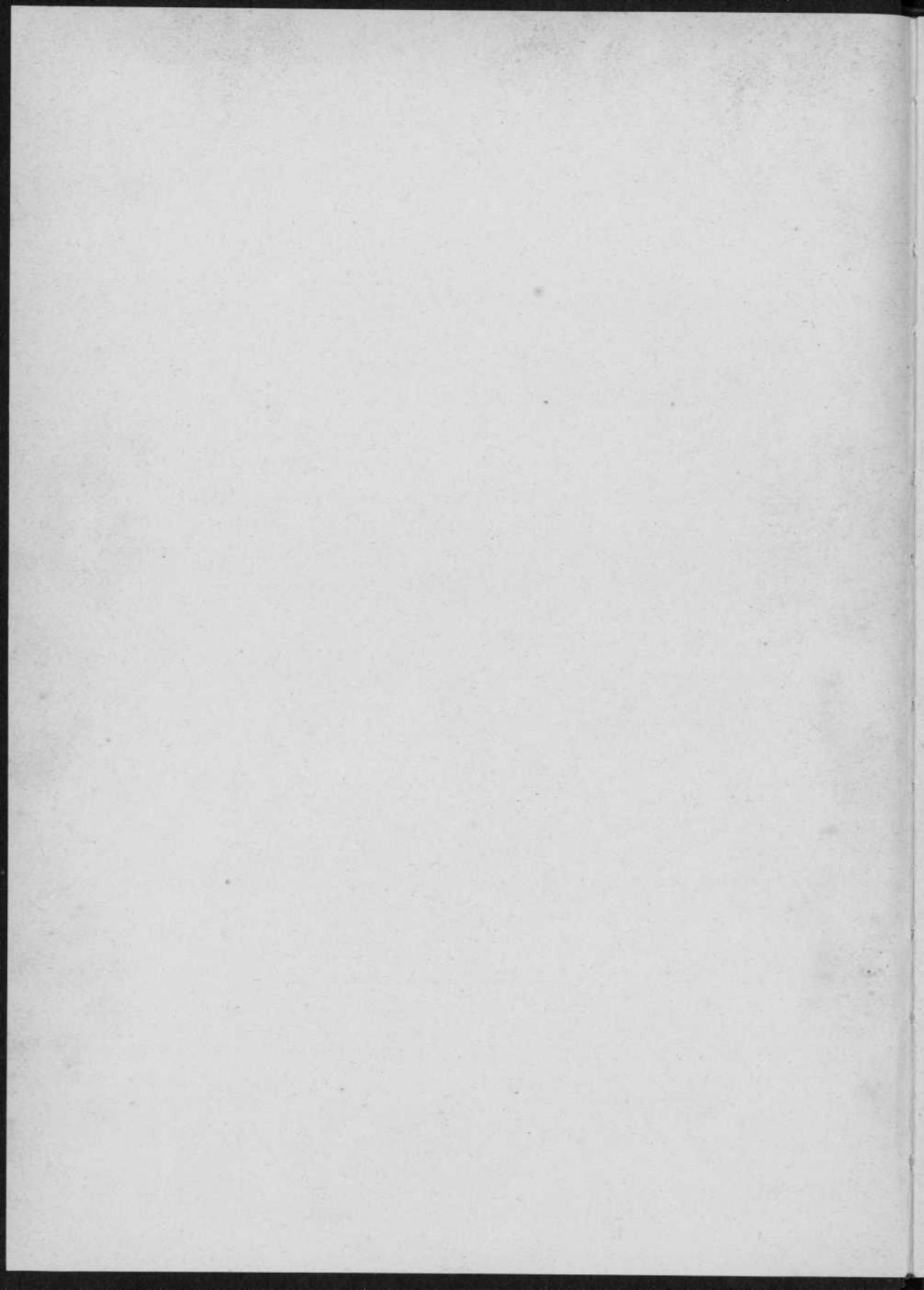
i.—Llevar órganos de maniobra, sea en doble, sea al alcance tanto del piloto como del ayudante, para que cada uno de ellos indiferentemente pueda asegurar la conducción del aparato.

j.—Poder elevarse con sólo el personal de abordó.

k.—Que el observador tenga delante sí un campo lo más despejado posible, sin ningún montante, tensor, etc., que le prive la vista.

Estas condiciones representan un aparato de cerca 1000 kilogramos en orden de marcha; la condición de salir de terreno de labranza hace presuponer una fuerza de 120 caballos. Sin duda el gobierno francés reclama ya el segundo aparato, que podría llamarse caza-aeroplanos, convencido de que tiene el primero con los aparatos actuales, á los cuales una de las condiciones que más falta hace es la del epígrafe *k* ó sea facilidad de transporte y excención de un reglaje minucioso, condiciones muy importantes que tratamos de lograr en el aparato que vamos á estudiar en detalle.

Al final indicaremos las proporciones y características que dentro el mismo sistema y por semejantes procedimientos encontraríamos para el segundo tipo de aparato.



CAPÍTULO V

Sistema constructivo

Hasta el presente ha dominado la construcción en madera, la cual, si bien tiene el defecto de ser sensible á la intemperie aunque esté bien seca y preparada, como también el defecto de ser pesada,

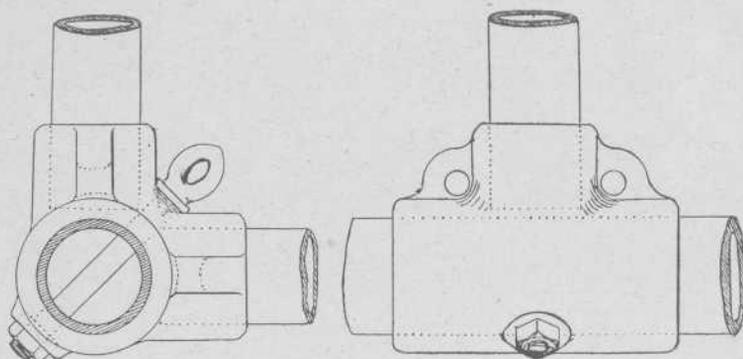


Fig. 8.

tiene la ventaja de la facilidad y economía de las reparaciones. En nuestro aparato hemos tratado de construir el armazón conservando las condiciones de la madera, eliminando á la vez sus defectos, con el empleo de tubos metálicos. Los tubos de acero soldados tienen el inconveniente de que la inutilización de un trozo lleva consigo la de una pieza importante y una reparación larga y costosa, además de que por razón de los espesores delgados que se emplean no toleran agujeros ni ensambles accesorios, pues una abolladura ú

otro punto debilitado basta para hacerles perder toda su rigidez y resistencia. Por esto hemos preferido adoptar los tubos de aluminio, en espesores no inferiores á $1\frac{1}{2}$ milímetros, ensamblándolos por medio de piezas análogas á la de la figura 8, que es la unión que sirve para formar la viga armada que constituye el armazón general del aparato. Es una pieza de aleación dura de aluminio, que el tubo general ó larguero atraviesa y va fijado con ella simplemente por un tornillo de anillo formando chaveta, con objeto de que el tubo no lleve otro trabajo que los correspondientes agujeros que pueden hacerse á sitio; de este modo el reemplazarlo resulta más fácil que el cambio de un larguero de madera. La tuerca del tornillo queda enchufada en la pieza, de modo que debe roscarse aquél por la anilla, y una vez colocados los tirantes queda imposibilitada la tuerca de aflojarse, ya que el tornillo no puede rodar ni ésta tampoco. Los tubos cortos van simplemente enchufados en cazoletas que lleva la pieza, de un modo análogo á los montantes de muchos aparatos actuales, estando mantenidos á sitio sólo por los tirantes, cuyos extremos se fijan en anillos que apropósito lleva también dicha pieza además del anillo del perno ó tornillo chaveta.

De una manera análoga hemos hecho los demás ensambles, algunos de los cuales son en forma de brida con tornillos, y otros, como los de extremos, con cazoletas chaveteadas, prescindiendo así de todo trabajo en los tubos que se encuentran en el comercio, excepto el practicarles los agujeros necesarios: así resulta una gran facilidad de reparación y hasta de construcción, una vez creada la serie de modelos adecuada. El aluminio puro tiene muchos defectos, pero las aleaciones modernas los suprimen por completo, sobre todo en los tubos, con sólo un aumento de densidad de 10 %, y los tubos de acero delgados por otra parte son poco apropósito para el sistema de enclavijado.

En la construcción de las velas no hemos creído práctico abandonar la madera, sobre todo en aparatos pequeños; hemos adoptado la vela simple en forma tal, que resulta el armazón completamente enfundado y en consecuencia mejor defendido de los efectos atmos-

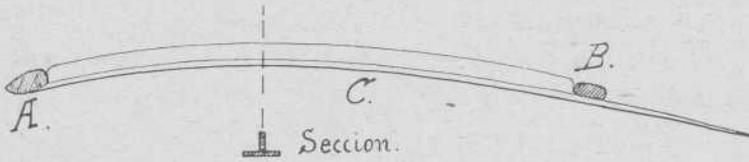


Fig. 9.

féricos. Cada superficie está constituida por dos largueros A y B de fresno de 50×25 milímetros, y costillas fuertes C de la sección, (figura 9), hechas todas de haya y chopo, unidos en los mismos puntos

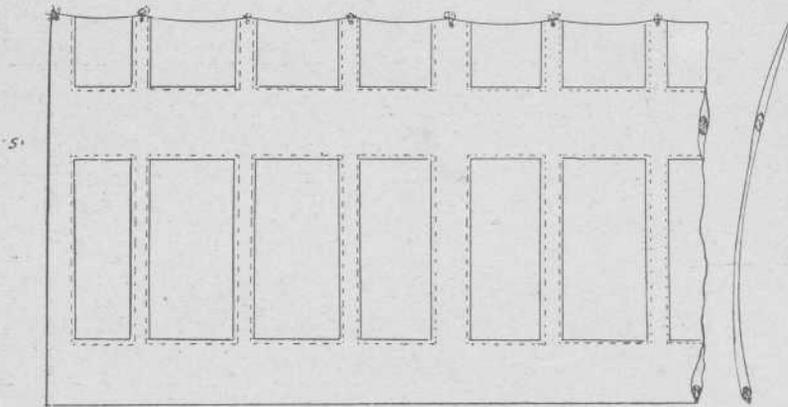


Fig. 10.

donde se fijan los cazoletes que llevan los montantes, y en los extremos. Entre estos van una serie de costillas delgadas de 15×87 de sección, espaciadas próximamente de 30 centímetros. La tela cauchutada forma como una especie de funda del armazón, el cual que-

da abrigado por completo (fig. 10); no va clavada en ningún sitio, pudiendo desmontarse cuando se desee, ya que va sujeta únicamente por simples ligaduras en los extremos de las costillas, las cuales, además, aseguran también su tensión perfecta; las costuras son dobles para defender mejor el armazón de la humedad.

Para montar la tela, se pasan primero los largueros entrando luego los cortillos por los huecos posteriores de la tela; los extremos delanteros de las costillas se introducen en enchufes apropiados hechos en el larguero de delante, y hecha una simple atadura en la parte posterior de cada costilla, entre un ojete que lleva la tela y un agujero en la punta de la misma, queda la tela tensa y el con-

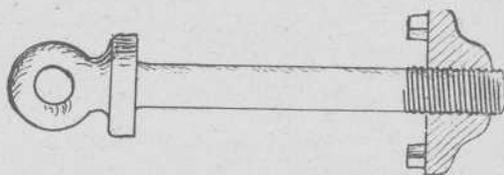


Fig. 11.

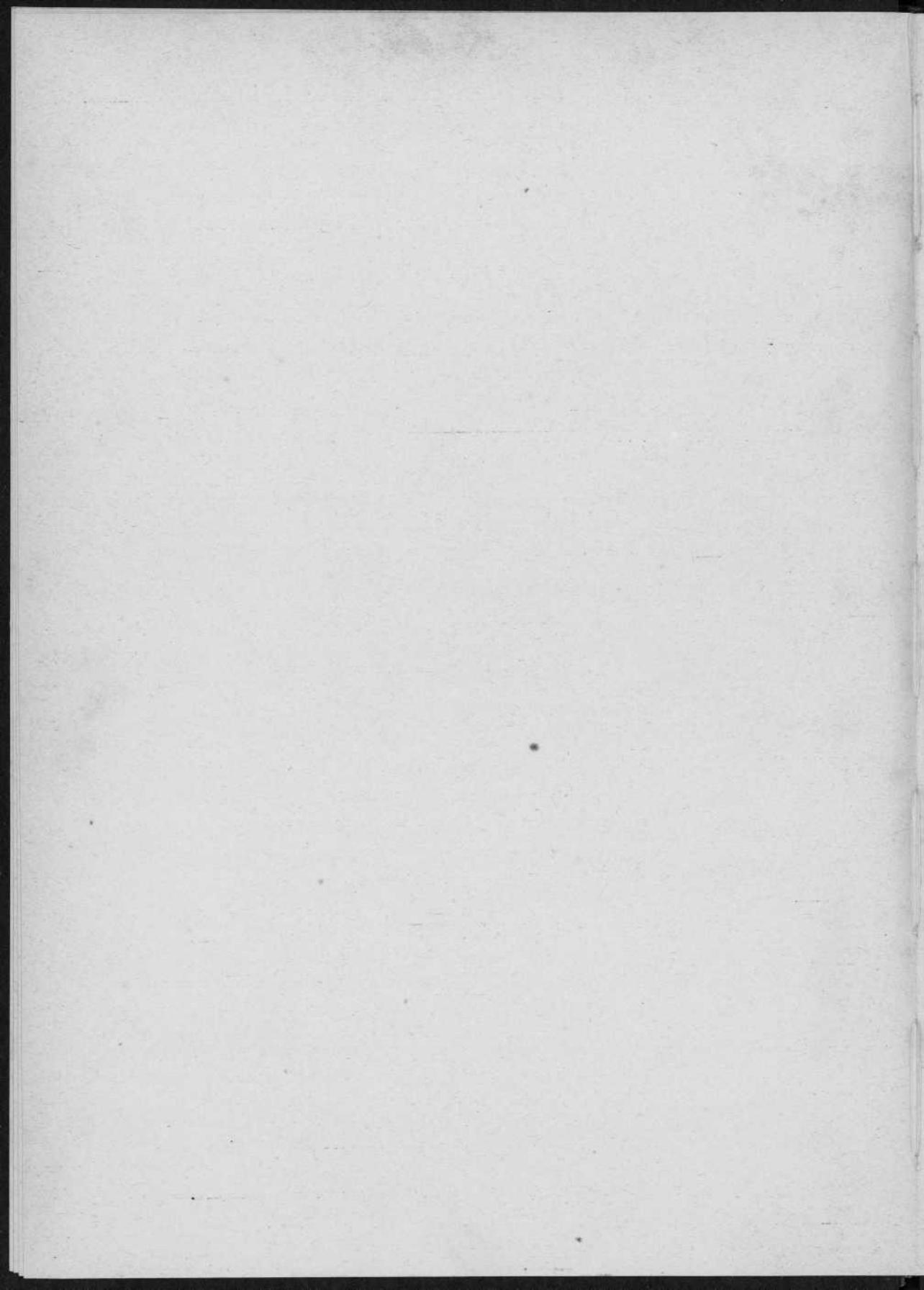
junto armado rígido, una vez colocados las cazoletas de unión de los montantes que sujetan á los largueros las costillas fuertes. Es un sistema nuevo, sumamente práctico, que evita estropear la tela clavándola, y además suprime los trozos pegados como emplean todavía algunos constructores: en caso de romperse una costilla, sólo es preciso deshacer una atadura sin tocar nada más para reemplazarla, bastando uno ó dos minutos para dicha operación y volver á tensar la tela.

Los tornillos de anillo que á la vez que fijan las cazoletas sirven para sujetar los tirantes, llevan tuercas de seguridad, (fig. 11) las cuales quedan clavadas atornillándose por la anilla, de modo que, colocado un tirante, no es posible se desrosque, de un modo

análogo al que hemos indicado antes hablando del armazón general.

Las demás tuercas deben llevar arandelas de seguridad Grove, Fixator ú otro sistema análogo.

A pesar de haberlo elegido de otro modo por razones prácticas, creemos que en el porvenir el armazón de los aparatos será completamente de acero, por ser el material que bien empleado resulta más ligero, pero precisa que los grandes talleres de forja ó laminado pongan en el mercado las secciones adecuadas para cada pieza, lo cual esperamos ver á no tardar.



CAPÍTULO VI

Descripción del aparato

Un aparato bien concebido debe constituirse ante todo por un armazón general que lleve motor, aterrisaje, accesorios etc., al cual vayan adheridas las velas. Este modo de constituirlo, si bien entendemos es conveniente para todo aparato, lo es más en un aparato militar, pues es la base de rapidez en el montaje y facilita también el transporte de un punto á otro. En el aparato que hemos proyectado (fig. 12), el armazón general de tubos de acero, forma como una viga armada de sección cuadrada, cuyos largueros son cuatro tubos de aluminio de 20 mm. de diámetro y 2 de espesor, pudiendo resistir cada uno de ellos más de 300 kilogramos á la compresión. Esta viga lleva montado en su parte delantera el motor con la hélice directamente acoplada, y sobre ella se fijan tres caballetes de tubos semejantes, que sostienen dos largos patines de aterrisaje hechos con madera de fresno curvada. En la parte posterior de cada patín, la madera está sustituida por dos piezas en U de aluminio, entre las cuales entra una rueda con neumático, apoyada por dos palancas sostenidas por fuertes resortes de caucho que sirven de amortiguadores: con esta disposición hemos tratado de reunir á la vez las ventajas del aterramiento con patines y la salida con ruedas. Un armazón colocado en el sitio que el reparto de pesos nos ha determinado, sostiene, fijo también á la viga, el asiento del aviador y la rueda única posterior, montada sobre una ballesta orientable,

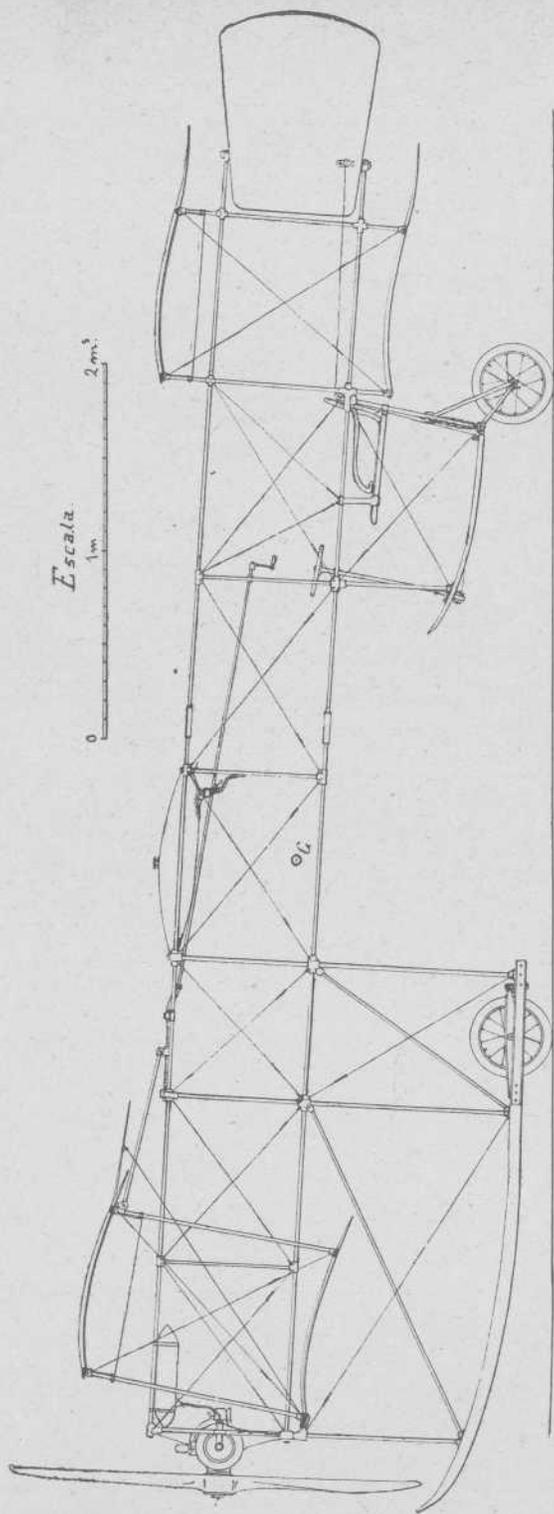


Fig. 12. — Doble biplano tipo militar de 26 1/2 metros cuadrados de superficie sustentadora

Vista lateral

con sus resortes amortiguadores. En el extremo posterior de la viga va fijado el timón de dirección doble; en el centro de la misma y en la parte superior, el depósito de bencina, y cerca del motor el depósito de aceite, los cuales comunican con el motor por medio de tubos metálicos especiales flexibles, los más apropiados para resistir impunemente las trepidaciones. Sobre esta viga van también montadas todas las maniobras, de modo que el conjunto podría perfectamente arrastrado por la hélice, correr sobre el campo sin las velas.

Los aterrisajes se desmontan con facilidad, y la viga está ensamblada en el centro por medio de manguitos en los tubos, de

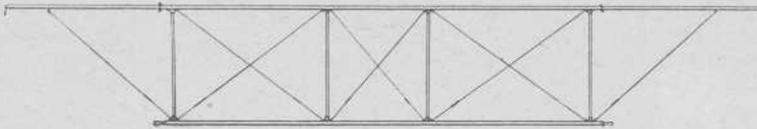


Fig. 13.

modo que queda dividido en dos trozos de menos de 4 metros de longitud por 85 centímetros de lado, cada uno de los cuales conserva adheridos los aparatos ó accesorios que le corresponden, quedando evitada la dificultad del transporte de piezas muy largas y de montar y desmontar cada vez cierto número de piezas accesorias.

Sobre el armazón general que acabamos de describir se montan los dos biplanos; el anterior, que es oscilante, se sujeta en una articulación entre el larguero delantero de la vela inferior y las piezas de montura del primer caballete de aterrisaje; el biplano posterior va fijado por sus cuatro montantes centrales á los cuatro tubos largueros de la viga general, por medio de bridas adecuadas.

Cada biplano (fig. 13) está formado por una vela superior de

7,30 mts. de envergadura y una inferior de 4,30, unidas por 8 montantes de tubo de aluminio enchufados en cazoletas.

El hacer la vela inferior más pequeña tiene varios objetos: levantar el centro de presión, evitar que al tocar tierra ó rodar por el suelo, la punta de la vela inferior toque fácilmente en tierra, evitar también los montantes extremos y algunos tirantes, y hacer el aparato más manejable á la vez que cada uno de los biplanos más fácilmente desmontable.

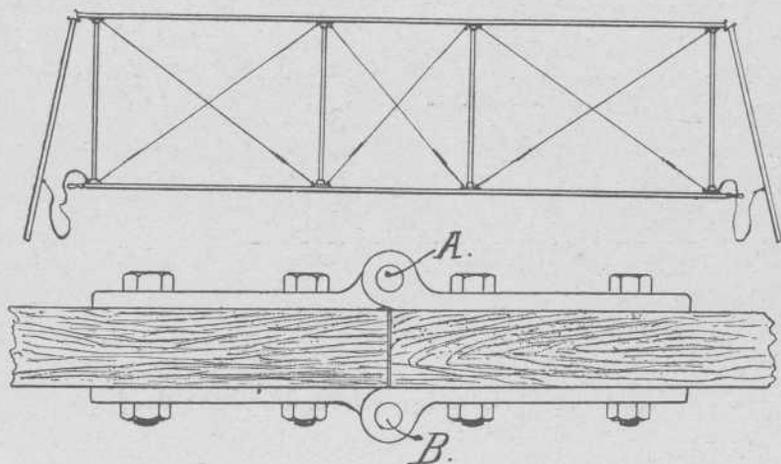


Fig. 14.—Detalle de la articulación

Pero además resulta de la citada disposición otra ventaja, la cual es hacer los extremos de la vela superior plegables sobre sí mismos, como marca la figura 14, por medio de la articulación que detallamos, y que consiste simplemente en un doble gozne cuyos pasadores enclavijados A y B se pueden sacar fácilmente. Quitando el de la parte superior A quedan dobladas las extremidades de las velas superiores en la forma que marca la figura.

De este modo en pocos minutos queda el aparato reducido á

menos de 4,50 mts. de envergadura, y éste es uno de los detalles que caracteriza nuestro aparato como militar, pues le proporciona numerosas ventajas bajo este punto de vista.

Ante todo facilita el sacarlo completamente montado de un mal terreno, pues pasos de 4,50 metros se encuentran siempre en el campo, mientras que con más de 7 metros de envergadura, muy frecuentemente no se puede pasar. Facilita también la conducción del aparato montado á lo largo de una carretera ó camino ve-

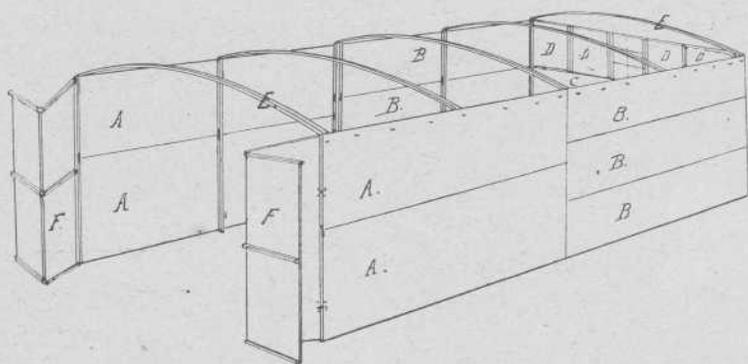


Fig. 15

Hangar construido con las cajas de embalaje del doble biplano

cional, á cuyo objeto para el transporte á brazo y también para sujetarlo en el momento del lanzamiento, los largueros de las velas inferiores se prolongan formando ocho sólidos mangos, por los cuales se puede hasta suspender el aparato.

La segunda ventaja que se saca de la citada forma de biplano, es no tener que hacer la acostumbrada unión de vela al medio ó en los tercios de la envergadura, unión siempre entretenida que dificulta por lo tanto el montaje. Por el contrario, con nuestra combinación, las velas quedan por sí reducidas á menos de 4,50 de longitud,

pudiéndose embalar en una caja unas encima de otras, y finalmente, como no es conveniente dejar un aparato á la intemperie, esta disposición permite reducir el hangar á 4,50 metros de luz y á hacerlo con las mismas cajas del aparato tal como vamos á describir.

La figura 15 da idea de la constitución general del hangar: cada una de las paredes laterales del mismo está formada por la $\frac{1}{2}$ de

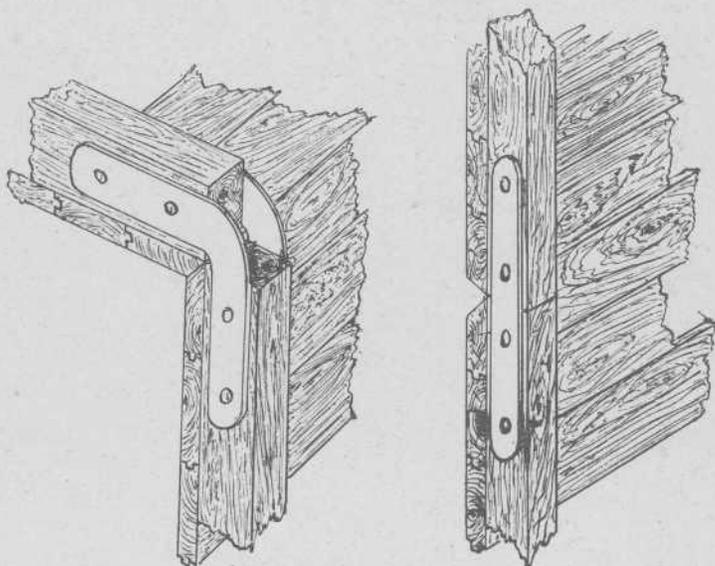


Fig. 16.

la caja de las velas A A y tres caras de las cajas del fuselaje ó viga B B B; la pared de fondo por las dos tapas restantes C y los cuatro fondos ó caras pequeñas de las mismas D D: las traviesas fuertes de dichas cajas forman los montantes del hangar, los cuales van empalmados por medio de unos trozos de pasamano de hierro que dan rigidez á las ensambladuras. Las paredes laterales se unen entre sí por medio de cinco arcos E de hierro de V, sobre los cuales se tiende una lona impermeable. Las puertas del hangar F están consti-

tuidas por las cuatro paredes de una cuarta caja, que sirve para llevar dentro los aterrisajes y otras piezas accesorias, quedando el aparato completamente embalado dentro cuatro cajas de dimensiones relativamente reducidas y fácilmente manejables á mano.

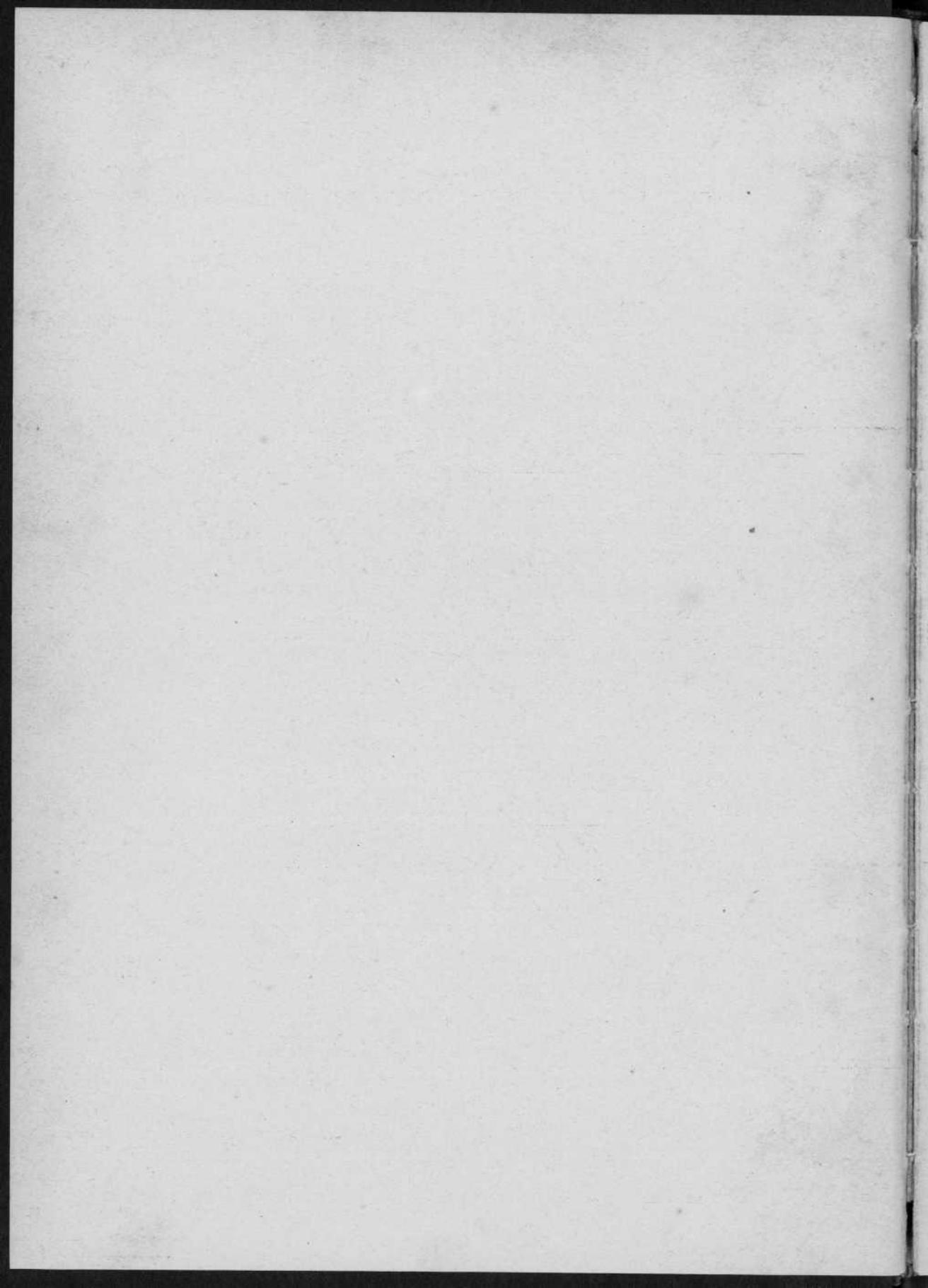
La figura 16 hace ver la ensambladura de las cajas, con unas escuadras de acero, que se quitan y sustituyen por trozos de hierro rectos, fijados en los mismos agujeros para formar los montantes del hangar y darles rigidez.

Como se ve no hay transporte de material inútil, siendo todo sólido, fácilmente desmontable, como también fácil de transportar bien acondicionado.

El aparato plegado para el transporte queda reducido á cuatro cajas, á saber:

Caja de las velas	$0^m95 \times 1^m45 \times 4^m40$	peso 320 kg.
Caja de media viga delantera con motor	$0^m95 \times 0^m95 \times 4$	mt. » 350 »
Caja de la media viga posterior con los timones y aterrisaje	$0^m95 \times 0^m95 \times 4$	» » 300 »
Caja de accesorios	$2^m40 \times 1^m10 \times 1^m10$	» 350 »

El peso total es de 1320 kg. en volumen reducido, que es práctico poder transportar en un solo carro, resultando además los cuatro pesos uniformes de 300 á 350 kg., fáciles de manejar.



CAPÍTULO VII

Cálculos de resistencia

El cálculo de las dimensiones de las piezas de un aeroplano no reviste la precisión del cálculo de un puente ó armadura, sobre todo dadas las proporciones actuales de los aparatos voladores, en los cuales las dimensiones prudenciales dadas á las piezas sólo para poder unirlos, son en general suficientes para resistir los esfuerzos que ordinariamente han de sufrir; por esto en algunas piezas nos limitaremos á comprobar la potencia resultante de dimensiones establecidas á priori.

Hemos constituido el armazón general como una viga armada en cruz de San Andrés, cuyos largueros son cuatro tubos de aluminio de 20 m/m de diámetro por 2 de espesor, los montantes de 16 m/m diámetro por 1 1/2 de espesor y la triangulación formada por tirantes de acero de 2 m/m de diámetro con tensores de 4 m/m.

Admitiendo un coeficiente de seguridad de 6 Kg. por milímetro cuadrado para el aluminio, y 20 Kg. para el alambre de acero especial empleado, resulta que dicha viga, considerada como apoyada por sus extremos á 6 metros de luz, puede resistir una carga uniformemente distribuída de más de 200 Kg. por metro lineal, sea una carga total de 1200 Kg. sobradamente: resistencia que hemos considerado suficiente á pesar de los choques que ha de recibir, tanto más que los aterrisajes acaban de reforzarla, y la colocan para

los choques, en condiciones de los apoyos á menos distancia y por lo tanto de mucho mayor resistencia.

El aterrisaje de delante carga con casi todo el peso del aparato, sobre todo en los choques de llegada á tierra. Verticalmente son 12 tubos de $20 \frac{m}{m}$ de diámetro por 2 de espesor que lo sostienen, dando una sección total de unos 1500 milímetros cuadrados, resistente por lo tanto á 9 toneladas, ó sea más de 25 veces el peso del aparato, lo cual permitirá por lo tanto resistir choques bastante violentos, aun teniendo en cuenta la longitud de las piezas elementales.

En cuanto á los biplanos, los fracasos acaecidos nos obligan á hacer una hipótesis algo exagerada para calcular la resistencia de las piezas principales, á fin de colocarnos en las condiciones más desfavorables en que consideramos posible llegue á situarse el aparato. Por esto supondremos, que el aparato en bajada planeada á una velocidad una vez y media de su marcha normal, sufre una encabritada brusca hasta 15° en el biplano de delante, que es la posición de máximo esfuerzo sustentador.

Siendo la superficie del biplano delantero 13.34 metros cuadrados á la velocidad de $16 + 8 = 24$ metros y á 15° sufrirá un esfuerzo vertical de SV^2 Ky., que valdrá $13,34 + 24^2 + 0,076 = 584$ kilogramos ó sea cerca 4 veces el esfuerzo que normalmente ha de resistir. Este esfuerzo lo supondremos repartido uniformemente sobre las velas, cuyo armazón consideraremos como un sistema articulado.

La envergadura de la superficie superior del biplano es de $7^m,300$ y la del inferior de $4,30$, ó sea un total de $11,60$ metros, sobre los cuales repartidos los 584 Kg. corresponden en consecuencia 50 Kg. por metro lineal de borde de ataque, ó $43 \frac{1}{2}$ Kg. por metro cuadrado de vela.

Como hay dos series de largueros y montantes, corresponden 25 kgs. por metro lineal de larguero para cada serie ó sistema, que forma como una viga armada vertical.

La figura 17 representa medio biplano visto de frente, en el cual se han hecho á escala los trazados de los esfuerzos por el método gráfico. El mayor esfuerzo que sufre el larguero es de 154 Kg. de compresión en el trozo EC que, teniendo 8 centímetros cuadrados de sección, trabajará próximamente á 20 Kg. por centímetro cuadrado: dicha sección se ve también á primera vista que es sobrada pa-

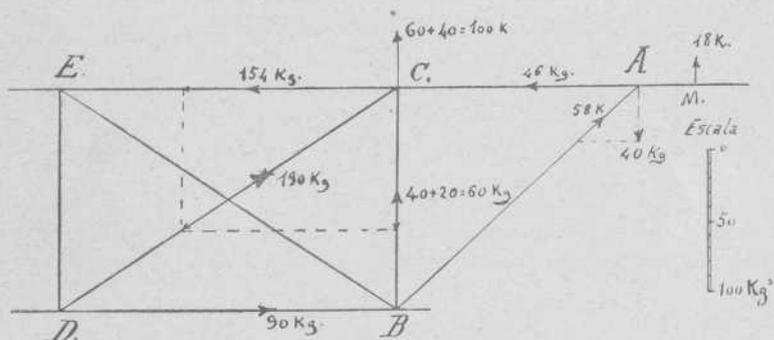


Fig. 17

Cálculo gráfico de los esfuerzos en las piezas de medio biplano

ra resistir un esfuerzo de 18 Kg. aplicado por flexión en M. Los montantes son de tubo de 16 m/m diámetro por 2 de espesor, ó sean 75 m/m cuadrados de sección, así pues, el montante DE, que es el más cargado, trabajará apenas á 2 Kg. por milímetro cuadrado. Los tirantes son de acero de 2 1/2 milímetros de diámetro, ó sea 9 milímetros cuadrados de sección, para el cual resultan unos 20 Kg. para el tirante CD por milímetro, que es 1/8 de la carga de rotura de la clase de alambre que hoy se emplea. El esfuerzo máximo, de 190 Kg. en los tirantes, nos dice que será suficiente el empleo de tensores de

4 $\frac{1}{2}$ milímetros de diámetro de espiga, y de tornillos de anillo de 5 milímetros de diámetro.

Creemos inútil detallar más el cálculo de las demás piezas y tirantes, por razón de que la práctica constructiva nos obliga á adoptar dimensiones en realidad bastante superiores á las necesarias para resistir los esfuerzos á que estarán sometidas.

CAPÍTULO VIII

Cálculo del peso del aparato

Según las dimensiones del aparato y de sus órganos que hemos descrito anteriormente, tendremos los pesos que se detallan á continuación.

A.—Cálculo del peso del fuselaje ó armazón

	<u>Kgs.</u>
4 tubos aluminio, 20 ^m / _m diámetro, largo 7 m.	
total 28 m. á	0,300 = 8,40
24 tubos aluminio, 16 ^m / _m diámetro, largo 0'70	
metros, total 17 m. á	0,180 = 3,06
90 metros alambre acero 2 ^m / _m diámetro á	0,026 = 2,34
60 tensores 4 ^m / _m á	0,016 = 0,96
24 tornillos de ojete de 5 ^m / _m diámetro á	0,024 = 0,57
240 anillos cobre fijación tensores á	0,002 = 0,48
24 piezas unión bronce aluminio á	0,120 = 2,88
4 » » sujeción al biplano atrás á	0,250 = 1
2 timones de dirección completos	6
Maniobra y volante del biplano delantero	3,5
Peso de la viga ó armazón general completo.	<u>29,19</u>

B.—Aterrisaje delantero

	<u>Kgs.</u>
32 m. tubo aluminio 20 ^m /m × 2	á 0,300 = 9,60
18 » alambre acero 3 ^m /m.	á 0,060 = 1,08
10 tensores 6 ^m /m.	á 0,070 = 0,70
40 anillos cobre.	á 0,004 = 0,16
12 piezas aluminio	á 0,100 = 1,20
6 » »	á 0,230 = 1,38
32 tornillos ogete 5 ^m /m.	á 0,024 = 0,77
5 metros patín fresno 50 × 60 ^m /m.	á 2 k. = 10
4 piezas U de aluminio 0,70 largo = 2 ^m 80	á 1,2 = 3,36
2 ruedas de 40 cents. con neumáticos	á 1,3 = 2,60
2 juegos soportes y resortes para las ruedas	á 2 k. = 4
	<hr/>
Peso del aterrisaje delantero.	34,85

C.—Peso del aterrisaje posterior

	<u>Kgs.</u>
3 metros tubo 20 ^m /m.	á 0,300 = 0,90
8 piezas aluminio	á 0,150 = 1,20
4 tensores	á 0,070 = 0,28
6 metros tirante 3 ^m /m.	á 0,060 = 0,36
20 tornillos anillo	á 0,024 = 0,48
1 asiento y sus soportes	1,60
1 patín	2,80
1 juego rueda con resortes, horquilla, etc.	8,60
1 volante y accesorios dirección universal	3,50
	<hr/>
Total aterrisaje posterior y accesorios.	19,72

D.—Peso del velamen

	Kgs.
22 m. pareja de largueros con ensambles	20
16 montantes tubo 16 m/m = 19 ^m 20.	á 0,180 = 3,46
10 costillas fuertes delante.	á 0,290 = 2,90
10 » » detrás	á 0,350 = 3,50
34 » ligeras delante.	á 0,080 = 2,72
34 » » detrás	á 0,100 = 3,40
32 cazoletas aluminio	á 0,060 = 1,92
80 tornillos anillo 5 m/m.	á 0,024 = 1,92
56 m. alambre acero 2 1/2 m/m.	á 0,040 = 2,24
16 » » » 3 1/2 »	á 0,078 = 1,25
48 tensores 4 1/2 m/m.	á 0,050 = 2,40
192 anillos cobre 6 m/m.	á 0,004 = 0,77
72 m. alambre acero 1 1/2 m/m.	á 0,015 = 1,08
44 tensores 4 m/m.	á 0,016 = 0,71
176 anillos cobre 4 m/m.	á 0,002 = 0,35
4 semi-células valvulares	á 0,200 = 0,80
45 m ² . tela cauchutada	á 0,150 = 6,75
Accesorios, telas, clavos, cordones, presillas, etc.	2
Peso total de los dos biplanos.	<u>58,17</u>

Peso del aparato sin motor

A.—Armazón general	29,19 Kgs.
B.—Aterrisaje delantero	34,85 »
C.— » posterior	19,72 »
D.—Velamen completo	58,17 »
Imprevisto 5 %	7,08 »
Total.	<u>149,01 Kgs.</u>

Resultará un peso total de

Aparato	149	Kgs.
Motor 30 caballos	40	»
Hélice	5	»
Soportaje y fijación motor	6	»
Depósito bencina, aceite, tubos	11	»
Aviador	75	»
Bencina y aceite para 3 horas	32	»
	<hr/>	
	318	

Contaremos en consecuencia 320 Kgs. como carga total á levantar en marcha normal.

CAPÍTULO IX

Posición del centro de gravedad

En la figura 18 hemos marcado á escala, colocados en su sitio, los puntos de aplicación de los pesos de cada uno de los elementos principales del aparato, supuestos actuando en los centros de gravedad respectivos correspondientes á la figura 12.

De este modo, á la escala de fuerzas, hemos trazado las fuerzas verticales de los elementos ó grupos siguientes:

Motor, su montura, hélice y aceite.	60 Kgs.
Biplano delantero	27 »
Aterrisaje delante	38 »
Bencina, depósito, etc.	36 »
Armazón ó viga general	32 »
Aviador	75 »
Aterrisaje posterior	20 »
Biplano posterior	32 »

La composición grafostática de estas fuerzas paralelas nos ha ido dando sucesivamente las resultantes intermedias, I, II, III, IV, V, VI, y finalmente la última igual á 320 kgs. en G, que es pues donde se hallará el centro de gravedad del aparato en orden de marcha.

Por de pronto observamos resultar el centro de gravedad de la bencina cerca de la vertical que pasa por el centro del conjunto;

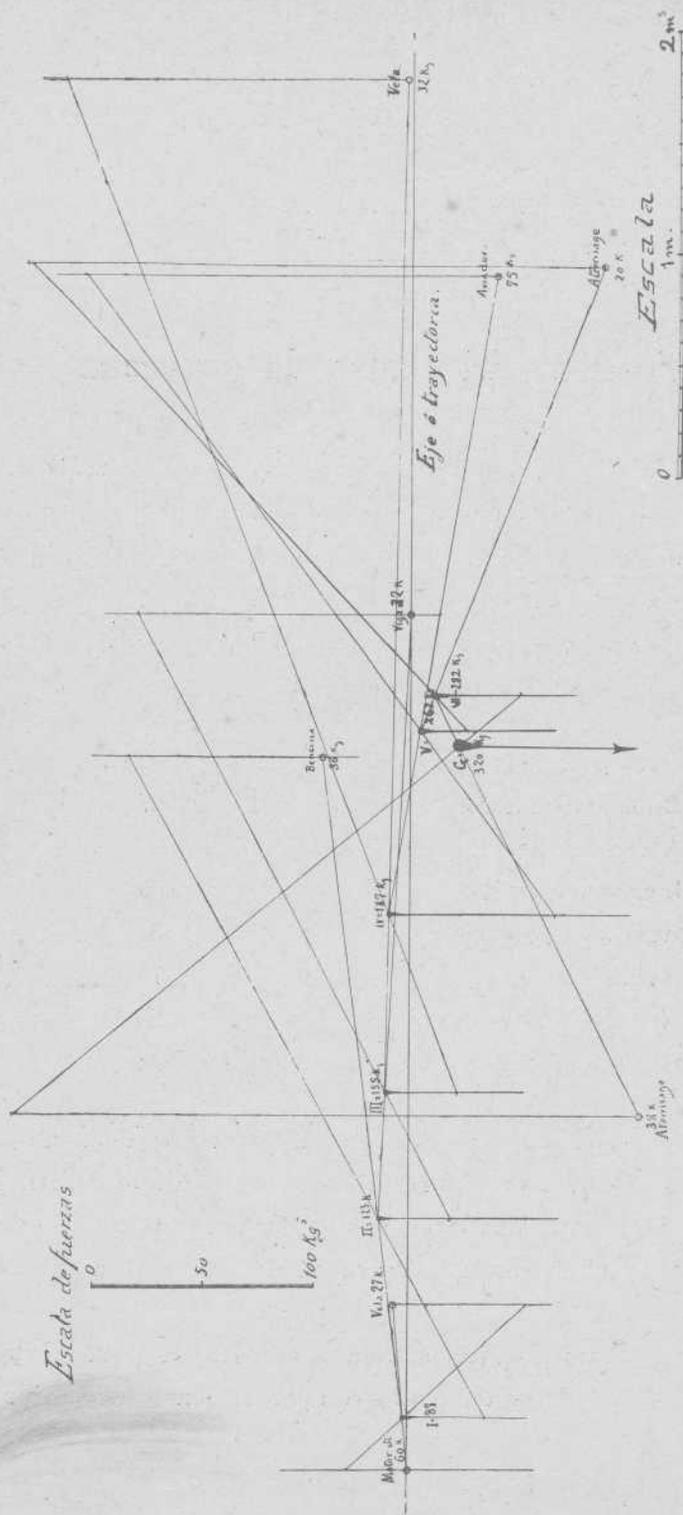
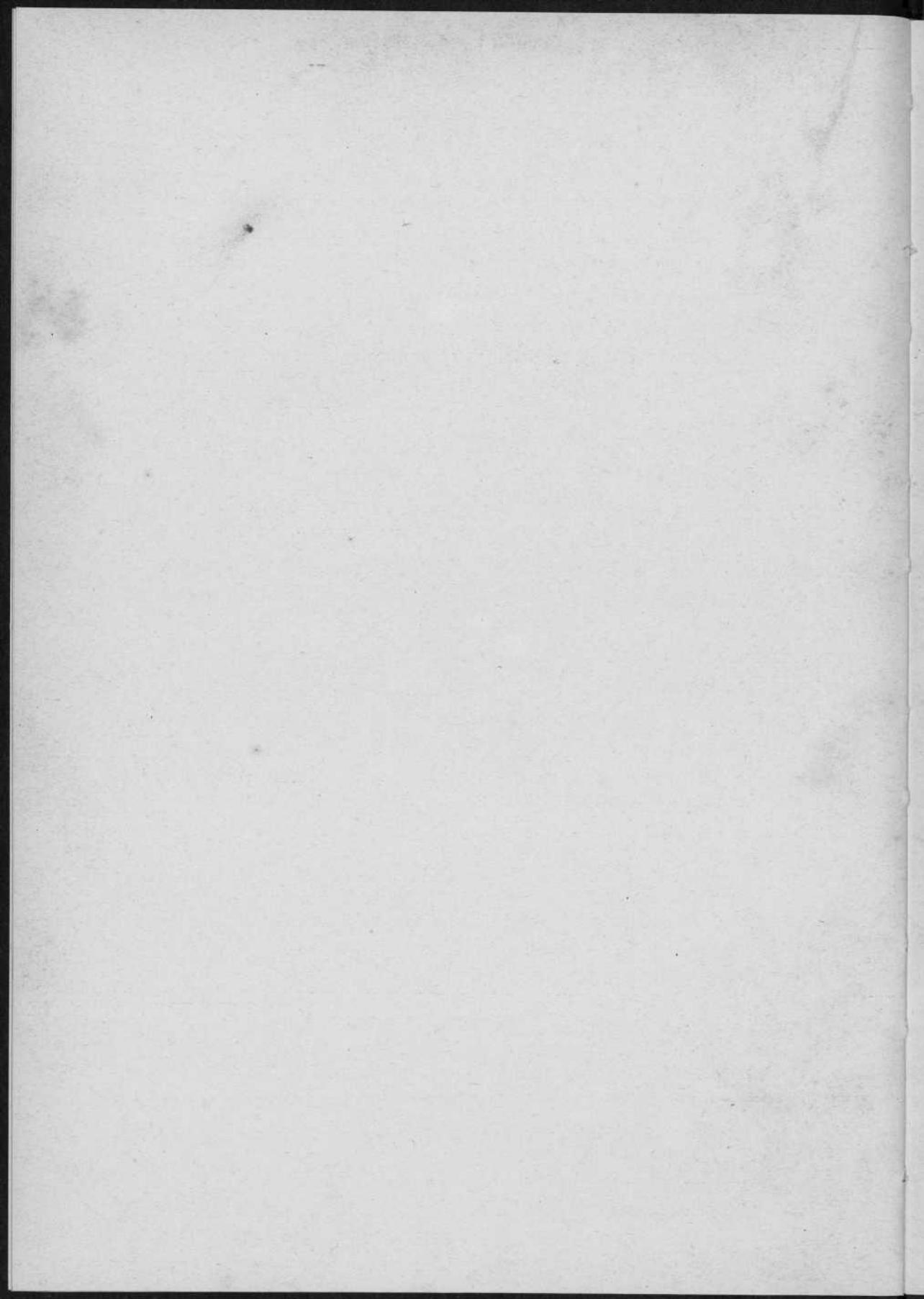


Fig. 18. — Cálculo gráfico de la situación del centro de gravedad

en consecuencia está bien colocada y su consumo no variará sensiblemente la posición de dicho centro de gravedad.

Como el aparato que hemos dibujado ha sido ya sometido á tanteos, tenemos en consecuencia el punto G en el sitio que nos conviene, como demostrarán los capítulos que siguen. Si notáramos la conveniencia de variarlo, lo haríamos cambiando la posición de alguno de los pesos, sobre todo la posición del piloto aviador, carga importante que en general es suficiente, para con su desplazamiento variar la situación del centro de gravedad, dentro de límites algo extensos.



CAPÍTULO X

Cálculo de la sustentación

Cada biplano de los dos que forman el aparato está constituido por un plano superior de 7^m 30 de envergadura, y otro inferior de 4^m 30, sumando un total de 11.60 metros que, multiplicado por la profundidad del biplano delantero, que es de 1^m 15, da una superficie sustentadora de 13,34 metros cuadrados para dicho biplano de delante. Supondremos en posición de marcha horizontal la misma superficie al biplano posterior, ya que colocamos la prolongación plana del mismo en dirección de la trayectoria en marcha normal, y en cuya posición tendrá poco efecto sustentador por lo cual prescindiremos de ella: sin embargo producirá un ligero retroceso del centro de presión el cual está ya tenido en cuenta en la figura 19.

Hemos previsto una velocidad normal de marcha de $V = 16$ metros por segundo, de donde

$$V^2 = 252 \quad \text{y}$$
$$S V^2 = 13,34 \times 252 = 3361,68.$$

Multiplicando esta cantidad por los valores de K_y de Eiffel correspondiente á 2° y á 4°, tendremos los esfuerzos sustentadores en cada biplano que serán:

$$\text{Biplano delante } F = 3361,68 \times 0,0503 = 169,09 \text{ Kgs.}$$

$$\text{Id. detrás } F = 3361,68 \times 0,0418 = 140,52 \text{ »}$$

$$\text{Esfuerzo vertical total } F = 309,61 \text{ Kgs.}$$

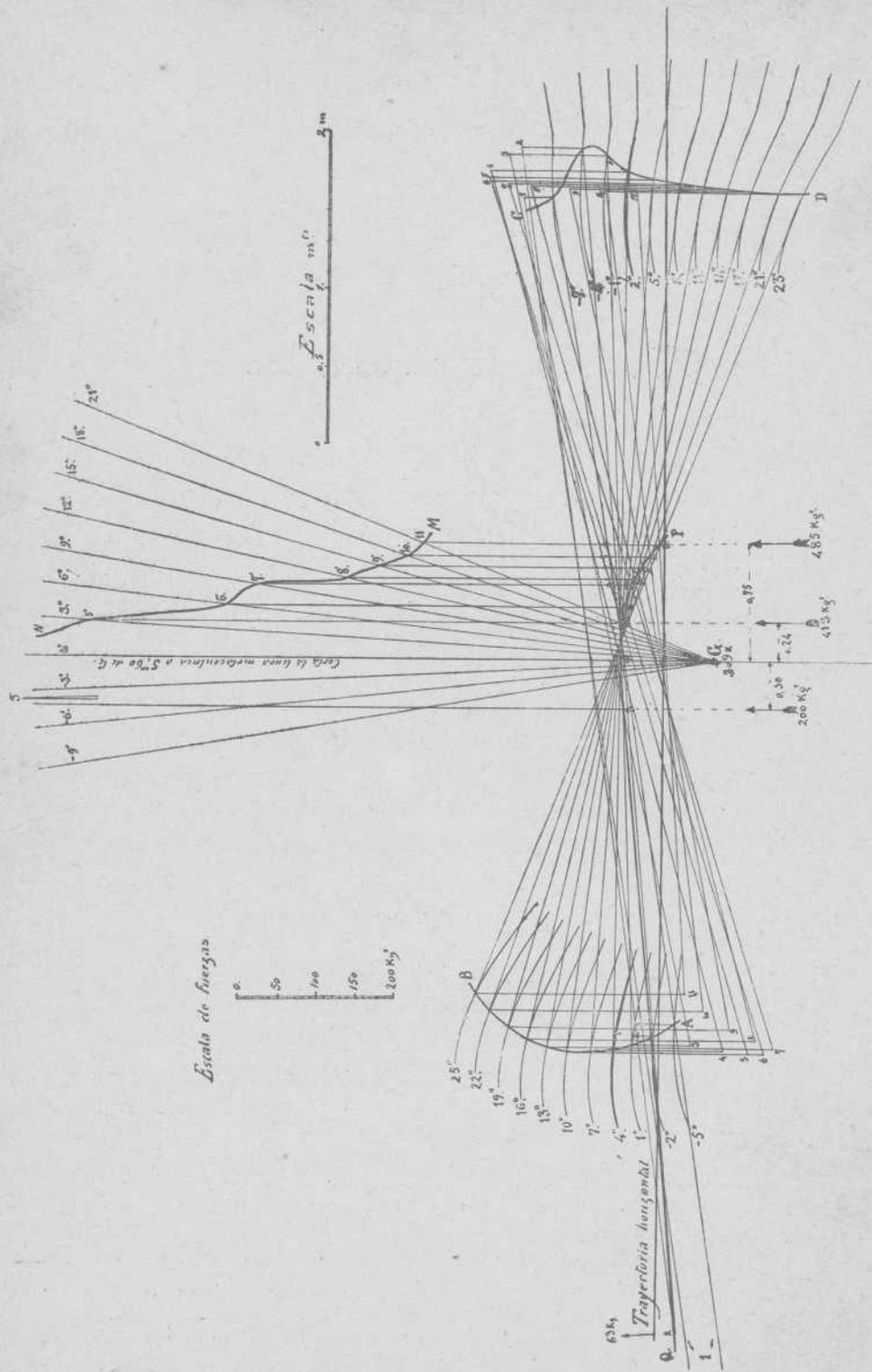


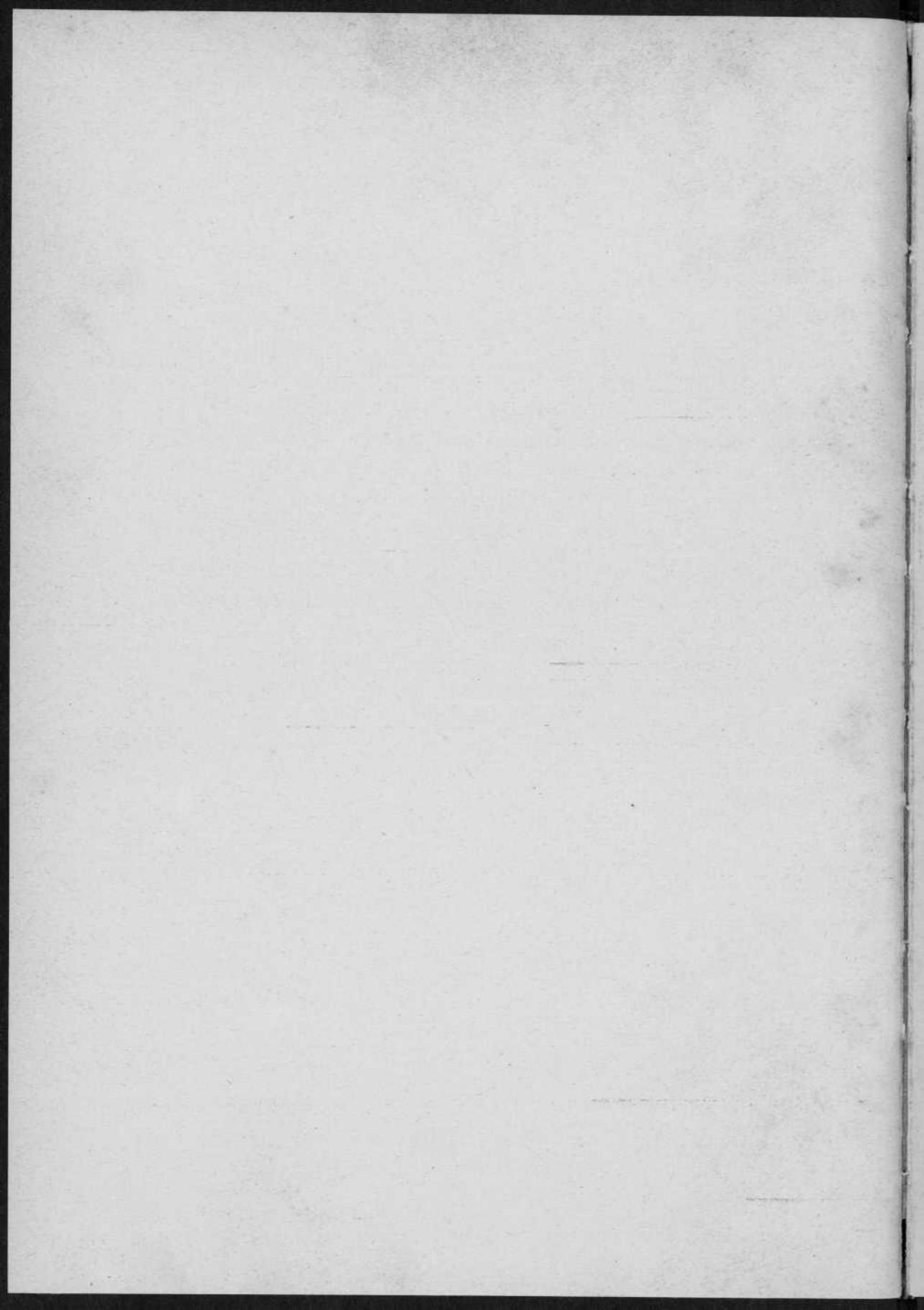
Fig. 19.—Tracado de la curva de centros de presión y de la curva metacéntrica correspondientes al doble biplano de 26,50 m²

Colocando estos dos esfuerzos á escala en los puntos 4 del diagrama fig. 19, y componiéndolos vemos, que el punto de aplicación de la resultante de los mismos está sobre la vertical que pasa por el centro de gravedad: es la situación del aparato en marcha normal y trayectoria horizontal en aire tranquilo.

En esta figura hemos supuesto cada biplano, sustituido por un monoplano de la misma profundidad y envergadura suficiente para dar la misma sustentación, situado á una altura proporcional á los esfuerzos sobre las superficies superior é inferior. Si bien esta hipótesis no es exacta, matemáticamente el error es pequeño, permitiendo en cambio una gran simplificación en los trazados.

Vemos pues que el aparato en la posición normal de equilibrio prevista, ó sea con incidencias de 2° en la vela delantera y 4° en la posterior, se sostiene en equilibrio á la marcha de 16 metros por segundo, ya que el trazado que acabamos de hacer, en la posición normal n.º 4 de la figura 19, nos da para posición del centro de gravedad, la misma situación que nos ha dado la composición de pesos de la figura 18, y ambas están sacadas en concordancia con el dibujo del aparato figura 12.

El esfuerzo sustentador en el conjunto del velamen es también suficiente para contrarrestar el peso á la velocidad prevista aproximadamente: podemos ahora pasar á estudiar las condiciones de estabilidad que tendrá el aparato proyectado.



CAPÍTULO XI

Equilibrio longitudinal

Para darnos cuenta de la potencia equilibradora longitudinal del sistema de velamen elegido, vamos primero á hacer la hipótesis de que el aparato, sin variar de velocidad, sufra una oscilación, para ver la tendencia que tiene á volver á su posición en marcha horizontal: supondremos diversas posiciones del aparato que ha oscilado de 3 en 3 grados (fig. 19) de un modo semejante á los trazados que al principio hemos ejecutado.

En la vela delantera tendremos las posiciones correspondientes á incidencias desde -5° hasta 25° , diferenciadas de 3 en 3 grados. Los esfuerzos valdrán $S V^2 K_y$ ó, según los valores de Eiffel,

N.º 1	..... á $- 5^\circ$	.....	$3361,68 \times 0,0096 =$	28,90	Kgs.
» 2	..... á $- 2^\circ$	.....	$3361,68 \times 0,0240 =$	79,67	»
» 3	..... á $+ 1^\circ$	.....	$3361,68 \times 0,0374 =$	125,72	»
» 4	..... á $+ 4^\circ$	.....	$3361,68 \times 0,0503 =$	169,09	»
» 5	..... á $+ 7^\circ$	.....	$3361,68 \times 0,0624 =$	209,66	»
» 6	..... á $+ 10^\circ$	.....	$3361,68 \times 0,0720 =$	241,93	»
» 7	..... á $+ 13^\circ$	.....	$3361,68 \times 0,0755 =$	253,80	»
» 8	..... á $+ 16^\circ$	.....	$3361,68 \times 0,0752 =$	252,78	»
» 9	..... á $+ 19^\circ$	.....	$3361,68 \times 0,0700 =$	235,32	»
» 10	..... á $+ 22^\circ$	.....	$3361,68 \times 0,0663 =$	222,88	»
» 11	..... á $+ 25^\circ$	.....	$3361,68 \times 0,0645 =$	216,82	»

Según los mismos experimentos de Eiffel, estos esfuerzos estarán situados según la curva A B, la cual nos representará las variaciones de posición del centro de presión, durante la oscilación del aparato.

Para cálculo de los esfuerzos y de su situación en la vela posterior, no disponemos de datos tan aproximados como para la vela delantera, por cuyo motivo hemos hecho algunos experimentos y calculado una media, teniendo en cuenta, además, los experimentos de Lilienthal, Rateau y otros, á la vez que la consideración de estar constituido por la misma forma de la vela delantera, á la cual se ha agregado una prolongación plana.

Los esfuerzos que nos han resultado son:

N.º	1	.....	á	—	7°	=	42	Kgs.
»	2	.....	á	—	4°	=	16	»
»	3	.....	á	—	1°	=	74	»
»	4	.....	á	—	2°	=	140,52	»
»	5	.....	á	+	5°	=	204	»
»	6	.....	á		8°	=	255	»
»	7	.....	á		11°	=	291	»
»	8	.....	á		14°	=	297	»
»	9	.....	á		17°	=	287	»
»	10	.....	á		21°	=	276	»
»	11	.....	á		23°	=	268	»

La situación de estos esfuerzos será según la curva C D.

Para justificar la inexactitud que por falta de datos podría criticársenos, hemos de recordar que la figura 6 nos ha demostrado ya que adoptando para perfil posterior el mismo que el de la vela delantera, tendríamos un resultado parecido al que vamos á obtener;

si agregamos al perfil la prolongación plana, es porque la lógica y las experiencias de que disponemos, nos demuestran indudablemente la mejora de condiciones que nos da la adición de esta prolongación plana, que viene como á sustituir la cola fija de los otros aparatos.

Componiendo dos á dos los esfuerzos correspondientes á cada una de las posiciones consideradas, tendremos los puntos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11, que nos determinarán la curva P Q, lugar geométrico de los esfuerzos verticales resultantes de las dos velas; tirando perpendiculares por dichos puntos hasta encontrar la vertical que pasa por el centro de gravedad en la posición de equilibrio, con la inclinación correspondiente á cada una de las posiciones consideradas, tendremos los puntos 11', 10', 9', 8', 7', 6', 5', 4' etc., que nos determinarán la curva metacéntrica MN, la cual se ve permanece siempre muy por encima del centro de gravedad, y por lo tanto nos dice que el equilibrio es verdaderamente estable. Cualquiera oscilación que se produzca, hará nacer un esfuerzo antagonista que tenderá á volver el aparato á la posición 4, que es la de marcha normal. El simple examen de la forma de la curva PQ, demuestra la ventaja del acoplamiento de las dos incidencias distintas, pues se ve que la variación de posición del centro de presión resultante es mucho mayor que la que se verifica en cada una de las velas aisladamente y siempre es favorable á la estabilidad; si el aparato ha oscilado hacia adelante hasta la posición 3, resulta un esfuerzo de 200 Kg. á 30 centímetros del centro de gravedad, tendiendo á levantar el aparato; si la oscilación es hacia atrás, en la posición 5 resulta un esfuerzo de 413 Kg. situado 24 centímetros hacia atrás del centro de gravedad, tendiendo también á volver el aparato á la posición 4. Suponiendo una encabritada hasta la posición 11, resulta en ella un esfuerzo de 485 Kg., á 75 centímetros

hacia atrás del centro de gravedad; el par de fuerzas que en tal situación tiende á volver el aparato á su posición primitiva de equilibrio es en este momento enorme.

Cuando el aparato oscila hacia adelante, los esfuerzos son menores, pero entonces la distancia donde está situada la resultante es muy grande; así, en la posición 2, el esfuerzo rectificador es de 63 Kg., pero situado á 4^m30 del centro de gravedad: el par rectificador es, pues, siempre muy grande, tanto si el aparato oscila hacia adelante como hacia atrás.

Examinemos ahora los efectos de un cambio de velocidad en el aparato: hemos supuesto una marcha de 16 metros por segundo, que es la velocidad del viento relativo en el aparato; la consideración de la variación de velocidad v involucra dos cuestiones que son, ó la variación de marcha del motor, ó la existencia de viento por delante ó por detrás.

Los esfuerzos verticales sobre cada una de las velas, tienen valores ($K_y S V^2$) proporcionales á sus distancias á la vertical que pasa por G, cuya proporcionalidad proviene del factor K_y , pues siendo los otros dos constantes, se comprende que la variación del factor V no introducirá variación en dicha proporcionalidad; por lo tanto la variación de velocidad del viento relativo no introducirá otra variación que la de la intensidad del esfuerzo sustentador, el cual tenderá á mantenerse, situado en la vertical que pasa por el centro de gravedad; por lo tanto, un aumento de velocidad producirá únicamente el ascenso del aparato, y una disminución producirá el descenso; esta consideración nos demuestra también que las condiciones de estabilidad longitudinal que nos ha demostrado el trazado de la figura 19, se conservarán con las variaciones de velocidad.

Pero si bien es cierto que no se cambiarán estas condiciones de

equilibrio, el hecho de subir ó bajar el aparato variará algo su posición, según la pendiente que siga, pues dicho movimiento de subida ó bajada dará por resultado que el aparato tienda á permanecer respecto á la nueva trayectoria inclinada en una posición cercana á la que tenía respecto á la primitiva trayectoria horizontal; por lo tanto, el aparato de por sí se inclinará hacia adelante al bajar, y tenderá á encabritarse ligeramente al subir. En el primer caso disminuirá la incidencia y con ella la resistencia á la marcha, tendiendo en consecuencia el aparato por sí á compensar con planeo la falta de velocidad hasta que ésta se acerque á la de régimen normal. En el segundo caso, la misma encabritada producirá un aumento de resistencia á la marcha que tenderá á disminuir el aumento de velocidad que lo produjo.

Como las velas van cargadas desigualmente, conviene examinar los efectos de las aceleraciones correspondientes á las cargas distintas: la vela anterior va más cargada por lo tanto, en el caso de falta de velocidad, la mayor aceleración tiende á hacer perder incidencia y á colocar el aparato en la posición de planeo, que es el plano inclinado correspondiente á la velocidad de régimen, pues adquirida ésta, ya se encontrará en posición de equilibrio sobre dicho plano inclinado; en consecuencia de esto, un tal aparato planeará siempre en caso de paro del motor. Otro hecho explica la facilidad de planeo y es que, por razón de la mayor incidencia de la vela delantera, ésta conservará una considerable sustentación, cuando la posterior llegará á la posición de esfuerzo vertical nulo; este aparato no puede pues caer de pico. En caso de exceso de velocidad, la inercia del mayor peso delante tenderá á disminuir la encabritada, la cual no puede pasar de cierto límite por razón de que como se ve en el cuadro de valores de K_v para el cálculo de los es-

fuerzos sobre las velas, la diferencia de estos coeficientes disminuye cuando la incidencia es mayor de 15 grados.

Si el aparato llegara á pararse, no puede caer por detrás, ante todo por la sencilla razón de llevar el peso hacia adelante, como luego examinaremos, pero además la forma de sus velas demuestra sin necesidad de discutirlo que inmediatamente de iniciado el movimiento hacia atrás, el aparato tendería á colocarse horizontal y luego, como consecuencia á marchar en su debido sentido.

Quizás se nos tacharía de exagerados, en las hipótesis que vamos á hacer para analizar las condiciones de estabilidad del aparato que proyectamos, si no recordáramos que hemos visto dar á al-

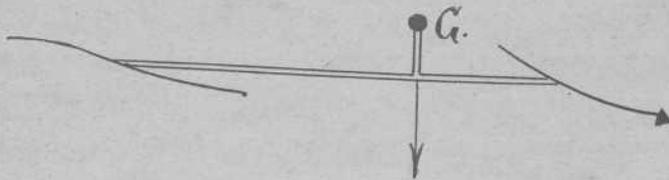


Fig. 20

gún aeroplano la vuelta de campana con la fatal caída consiguiente, y el aviador Hoxley, muerto en los Ángeles, fué despedido del aparato después de haber dado éste dos vueltas de campana seguidas, deduciéndose de ello la necesidad de atarse al aparato y de que éste pueda ser volteado sin peligro por un remolino.

Cuando el motor marcha, evidentemente la hélice tiende á arrastrarlo y á colocarlo en buena posición; así pues, para colocarnos en las peores condiciones, supondremos no sólo que el aparato ha sido volteado y parada su velocidad por el viento, si que también que el motor se ha parado también: el raciocinio simple sin cálculo basta para demostrar lo que pasará.

Empecemos suponiendo que el aparato ha quedado en posición

horizontal invertido, que es indudablemente la posición límite (figura 20), en la cual representamos esquemáticamente el aparato y G, la posición del centro de gravedad. En este momento se encuen-

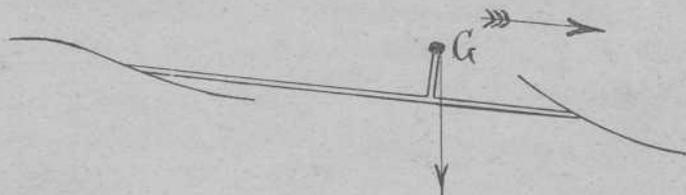


Fig. 21

tra solicitado á caer por el peso, y oponiéndose á ello la reacción ortogonal del aire sobre las superficies; el peso está cargado hacia la superficie delantera, la cual además ortogonalmente resulta menor; por lo tanto el aparato tomará inmediatamente la posición de

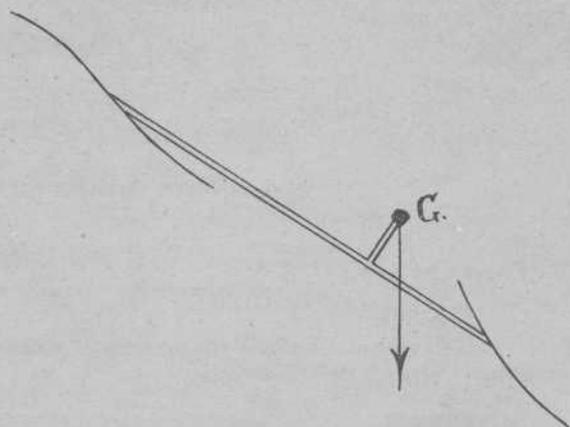


Fig. 22

la figura 21; que iniciará un planeo al revés y en el sentido de la flecha, pero en estas condiciones resulta que, además de la mayor carga sobre la superficie delantera menor, ésta trabaja por su parte

convexa mientras que la posterior, menos cargada, viene á formar una cierta concavidad con la parte posterior plana. Es indudable que la tendencia á aumentar la inclinación será mayor, y que ni á más de 45° (fig. 22) podrá el aparato quedar en equilibrio ni aun en la posición de la fig. 23; por lo tanto es indudable que el aparato alcanzará rapidísimamente la posición de la fig. 24 de caída de pico en la

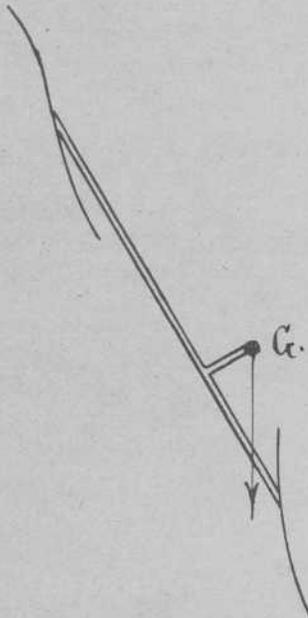


Fig. 23

cual se producirán decididamente las reacciones en la parte inferior de las velas. En esta posición la velocidad será instantáneamente enorme, pero por el mismo motivo la reacción sobre la vela delantera será mucho más grande que la de la posterior; por lo tanto continuará el giro á lo cual ayudará el peso que tendrá el mayor brazo de palanca relativamente á la reacción del aire sobre el velamen. Es imposible una posición de equilibrio (fig. 25) entre la posición 24 y la (fig. 26) de marcha normal, por razón de que la vertical que pasa por el centro de gravedad se acerca más á la vela posterior, variando el brazo de palanca que obra sobre la misma, descargando la delantera que tiene la reacción mayor, el aparato se vé claramente que tomará pronto su posición de equilibrio en marcha normal, pasará de ella y después de algunas oscilaciones tomará la posición de planeo.

Las anteriores consideraciones hacen ver que conviene el centro de sustentación algo por debajo del centro de gravedad, demos-

trando que el centro de sustentación algo por debajo del centro de gravedad, demos-

trando también que es innecesario exagerar esta colocación de peso bajo para que el aparato tenga la mayor estabilidad deseable.

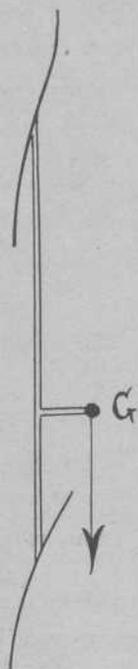


Fig. 24

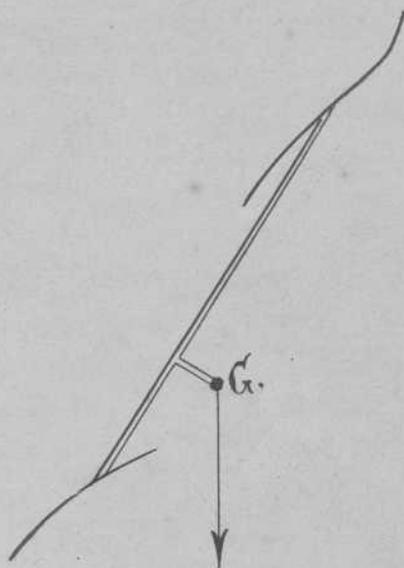


Fig. 25

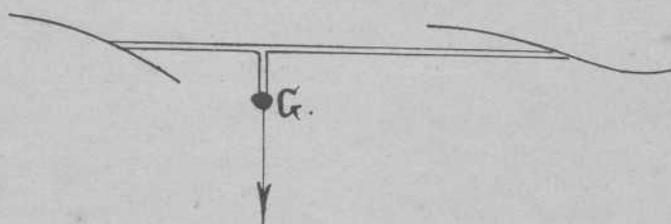


Fig. 26.

Queda á examinar el caso de que pudiera quedar el aparato en una posición anterior á la inversión completa (fig. 27); si esto ocu

re se iniciará la caída hacia atrás, pero ahora sucede que, marchando en este sentido, es la vela posterior la que presenta mayor inci-

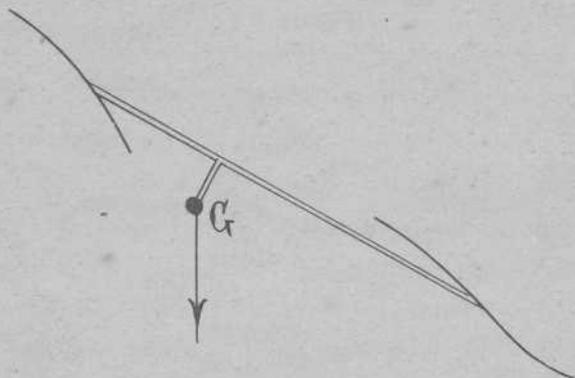


Fig. 27.

dencia, tiene mayor superficie, está menos cargada y además presenta

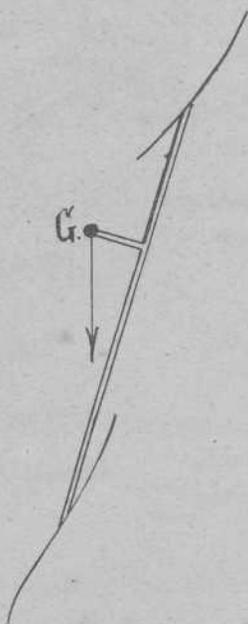


Fig. 28.

cierta concavidad; por lo tanto con mayoría de razón pronto volverá el aparato á su posición normal. Si partimos de la posición de la figura 28, el aparato continuará forzosamente dando la vuelta hasta la situación de la figura 20, por lo cual hemos empezado.

Entre todas las posiciones malas del aparato, no cuesta mucho de ver que no hay ninguna de ellas que pueda ser estable, ó en la cual puede permanecer el aparato ni una centésima de segundo, pues no puede coincidir el esfuerzo del peso con el resultante de los esfuerzos del aire sobre las velas; la caída acelerada destruiría esta coincidencia si un instante se

verificara. Al contrario en todas las posiciones se crea un par violentísimo de rotación que lleva á la posición de equilibrio que hemos estudiado antes.

Hemos hecho experimentos con varios modelos á escala $\frac{1}{10}$, los cuales, soltados en la posición invertida (fig. 20), han dado la vuelta y tomado la posición de planeo, con una altura variable entre 4 y 8 veces la longitud del aparato.

Los efectos de cambio de velocidad que antes hemos examinado, envuelven ó equivalen á efectos de rachas ó viento horizontal por delante ó por detrás: el aparato sufre sólo las variaciones de intensidad del viento, pues si éste era uniforme no tendría influencia

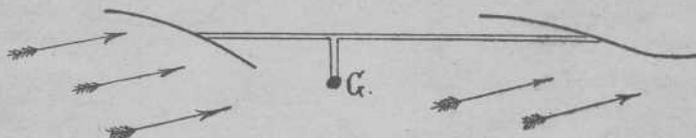


Fig. 29.

alguna, ya que el aparato viaja unido á toda la masa de aire que se traslada.

Réstanos á examinar los efectos de rachas ó corrientes más ó menos inclinadas respecto al horizonte, en lo cual pueden darse cuatro casos que son:

- 1.º corriente ascendente por delante.
- 2.º » » por detrás.
- 3.º » descendente por delante.
- 4.º » » por detrás.

En el primer caso (fig. 29), el efecto general es aumentar la sustentación por aumento de la velocidad é incidencia relativa á la vez, pero en cambio esta corriente adicional da en la parte poste-

rior sobre mayor superficie; por lo tanto tiende á levantar la parte posterior y en consecuencia á disminuir la incidencia. El efecto, en consecuencia, tiende á neutralizarse por sí mismo.

Igual sucede en el segundo caso (fig. 30), de modo que en los dos casos de corriente ascendente el aparato tiende á disminuir su in-

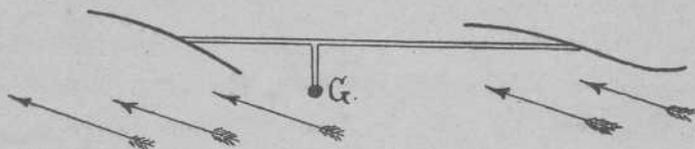


Fig. 30.

cidencia y á correr más: en ambos casos disminuye la incidencia; en el primero para rebajar el aumento de sustentación que el viento le crea, y en el segundo para ganar la pérdida de velocidad que la racha posterior representa.

En el caso 3.^o (fig. 31) el aumento de velocidad del aire tiende á aumentar la sustentación y el hecho de ser la corriente descen-

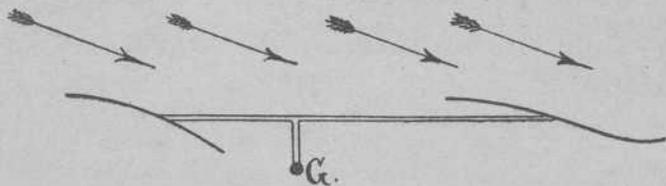


Fig. 31.

dente tiende á disminuirla, pero por ser la superficie posterior mayor y presentar la parte plana, resultaría la influencia de la inclinación del viento más sensible sobre la vela posterior; por lo tanto, el aparato tenderá á aumentar la incidencia y en consecuencia á compensar la perturbación.

El caso 4.^o (fig. 32) produce con mayoría de razón el aumento de la incidencia general, ya que el primer efecto de la racha es evidentemente hacer caer la vela posterior, resultando pues que una corriente descendente tenderá á aumentar el ángulo de incidencia del aparato y, por lo tanto, á compensar el efecto descendente que se produciría si no fuera así, quedando demostrado que el aparato tiende de por sí á compensar todas las perturbaciones que cualquiera causa exterior pudiera producirle, las cuales se traducirán en simples ondulaciones como hace el buque en la superficie del mar agitado, obedeciendo estas oscilaciones á las que haga el medio que lo sostiene, las cuales serán mayores ó menores y más

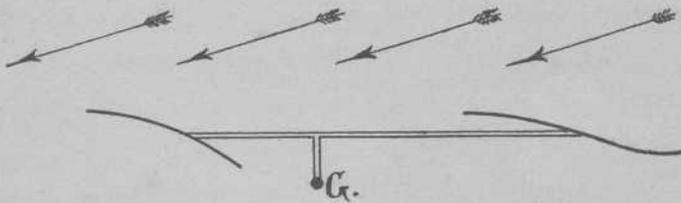


Fig. 32.

ó menos rápidos según la inercia opuesta á los esfuerzos; por esto para hacerlos suaves conviene colocar las cargas sobre el aparato lo más dispersas posible.

Un aparato en posición rígida por el peso excesivamente bajo ó por un giróscopo muy poderoso, seguiría mal las ondulaciones del aire y correría mayor riesgo de llegar á una posición crítica, sobre todo con corrientes descendentes ó remolinos.

Como hemos visto el aparato se defiende de por sí contra todas las perturbaciones del equilibrio longitudinal, pero el aviador tiene á mano medios para aumentar aún la defensa: dispone de un volante para rectificar con toda exactitud la diferencia de incidencias de las

dos superficies, de cuyo volante puede hacer uso en casos excepcionales, pues aunque parezca lenta la maniobra por tornillo, varía un grado por vuelta; por lo tanto puede rapidísimamente aumentar ó disminuir la incidencia de la superficie delantera, en caso de que viera el aparato persistir hacia una posición crítica, y tiene además el medio de doblar juntos los dos alerones que veremos al tratar de las maniobras auxiliares si necesitase pequeñas rectificaciones en el equilibrio longitudinal.

Hemos hecho el estudio á una marcha normal de 16 metros por segundo, con una diferencia de incidencia de dos grados entre la superficie delantera y la posterior; pudiera por lo tanto creerse que esta diferencia de dos grados es una cifra precisa para la realización de las condiciones de equilibrio longitudinal estable en marcha antes analizadas; pero no es así, sino que al contrario no requiere el aparato ninguna precisión en este reglaje, pudiendo con el mismo reparto de peso, admitir desde un grado de diferencia hasta 10 ó 12 grados ó quizás más; lo único que cambia es la velocidad de marcha horizontal; por lo tanto este aparato resultará á velocidad variable y el ascenso ó descenso lo producirá el motor, cuya palanca de maniobra de avance conviene tenga la mayor sensibilidad posible prácticamente.

Las incidencias estudiadas son á 4° y 2° con velocidad de 16 metros por segundo, siendo los esfuerzos respectivamente en las velas de 169 Kg. delante y 140 Kg. detrás. A 14 metros de velocidad necesitaremos algo más de 7 grados de incidencia delante, para tener una sustentación de los 168 Kg. y un poco menos de 5° en el biplano posterior para tener los 140 Kg. La diferencia es ahora de unos 3 grados, pero persiste la situación de equilibrio.

A 13 metros de velocidad tenemos la posición límite, pues para la superficie de delante resulta un valor de $SV^2 = 13.34 \times 13^2$

= 2254,46 que hemos de multiplicar por el coeficiente K_y correspondiente á los 12 grados ó sea 0,0750 para obtener una sustentación de 169 Kg.: la superficie posterior deberá llevar una incidencia de 6° para sostener los 140 Kg. que le corresponden. La diferencia es ahora de 6 grados; puede considerarse esta posición como límite por razón de que la superficie delantera se encuentra ya cerca del valor máximo del coeficiente K_y .

Resulta de esto que el aparato tiene posiciones de equilibrio estable en marcha horizontal, entre los 13 y 16 metros por segundo y con diferencias de incidencia de las superficies de 6 á 2 grados. Indudablemente para una diferencia de un grado, si bien con menos energía, el aparato se conservará en equilibrio estable, y podrá tomar una velocidad mucho mayor sin peligro alguno en tiempo de calma, absorbiendo una fuerza muy pequeña. Es la ventaja principal del sistema, permitir ataques muy rasantes, peligrosos en los aparatos de vela principal única.

Un indicador á la vista del aviador marcará la diferencia de incidencia de las superficies, para evitar que puedan llegar á ser iguales y que sepa el aviador cuando lleva una incidencia muy pequeña, lo cual puede hacer confiado en que una vuelta ó dos de volante, que se dan en medio segundo, le salvará de una mala posición que pudiera tomar. El aviador se guardará de tomar esta incidencia rasante mientras esté á poca altura, contentándose con la velocidad de 16 metros por segundo calculada para marcha normal del aparato.

Creemos poder afirmar que este aparato podrá marchar á velocidades varias, desde la mínima de 46 kilómetros por hora á una máxima que se acercará á los 80.

El estudio del equilibrio longitudinal que acabamos de hacer demuestra que el aparato se despegará de tierra sin maniobra al-

guna, cuando la velocidad pase de la de marcha horizontal, y además dando una gran incidencia á la vela delantera, con el motor en buena marcha, el aparato podrá bajar y tomar tierra á menos de 46 kilometros de velocidad. La pendiente de planeo con el motor parado será variable según la posición de la vela delantera pero siempre habrá planeo, que podrá si conviene convertirse en bajada rápida como paracaídas siguiendo una fuerte pendiente.

Estabilidad transversal

La regla metacéntrica aplicada al equilibrio transversal del aeroplano nos dice que, para que éste se halle en situación de equi-

librio estable, basta que el centro sustentador se encuentre algo más elevado que el centro de gravedad; si se encuentra algo más bajo, el equilibrio es inestable, y si ambos puntos coinciden la situación será de equilibrio indiferente. Esto en cuanto á un aparato cuya sección transversal de velamen es recta, pues con objeto de aumentar la estabilidad se ha ensayado de dar al velamen secciones en *V* ó *W* y hasta formas

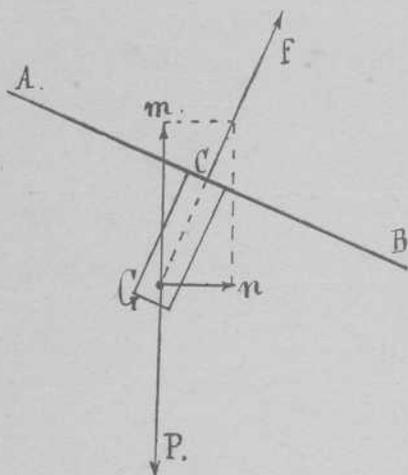


Fig. 33.

mas más ó menos arqueadas, cuyos efectos son por de pronto algo vagos, poco enérgicos y en general de eficacia limitada.

Supongamos (fig. 33) un aeroplano de sección de velamen recta *A B* que se ha inclinado, si la fuerza sustentadora se conserva en el plano de simetría y perpendicular al velamen la composición de este esfuerzo con el peso nos dará un componente horizontal *G n* que tenderá á rectificar la inclinación, la cual, compuesta con el es-

fuerzo de tracción, querrá iniciar un viraje. Se comprende á primera vista que al colocarse las dos fuerzas F y P en ángulo más ó menos abierto, tienen siempre cierta tendencia á volverse á colocar una en prolongación de otra, y, como P se mantiene vertical, tiende á producir la verticabilidad de F turbada por cualquier causa, mientras el punto de aplicación de P esté por debajo del punto de aplicación de F , pues si estaba más alto tendería á aumentar la oscilación. Pero en realidad al producirse la inclinación (sin viraje) la situación del centro sustentador se traslada algo hacia el mismo lado que se produce la inclinación, y aun los experimentos realizados hacen suponer que pierde su perpendicularidad con la sección recta de la superficie, cuyas circunstancias hacen creer que la estabilidad lateral propia es algo mayor que lo que resulta con la hipótesis, algo inexacta, de suponer que no se mueve del plano de simetría del aparato (1).

Como no es conveniente bajar con exceso el centro de gravedad, la potencia estabilizadora lateral debida á lo que acabamos de explicar, es débil, de aquí que se hayan ideado medios para aumentarla.

El artificio que para ello adoptamos en el aparato proyectado es el de semi-células valvulares, que consisten en unos tabiques (fig. 34) de altura algo más del doble de la flecha de curvatura de la vela, colocados debajo de ésta y dispuestos de modo que, en marcha recta, estén verticales, pero tengan elasticidad para abrirse á manera de válvulas, del plano de simetría hacia afuera.

La inspección del dibujo demuestra claramente su modo de obrar en caso de inclinación en marcha recta. El aparato al inclinarse tiende á resbalar á lo largo de la pendiente, y la corriente de

(1) Creemos innecesario profundizar más el análisis de la oscilación lateral de sí sumamente complejo y faltado de datos experimentales.

aire que toma la superficie, á resbalar en sentido contrario, cerrándose por estas causas las válvulas del lado caído y produciendo en consecuencia un aumento de presión debajo la vela correspondiente y por lo tanto un esfuerzo que tiende á rectificar el aparato; en

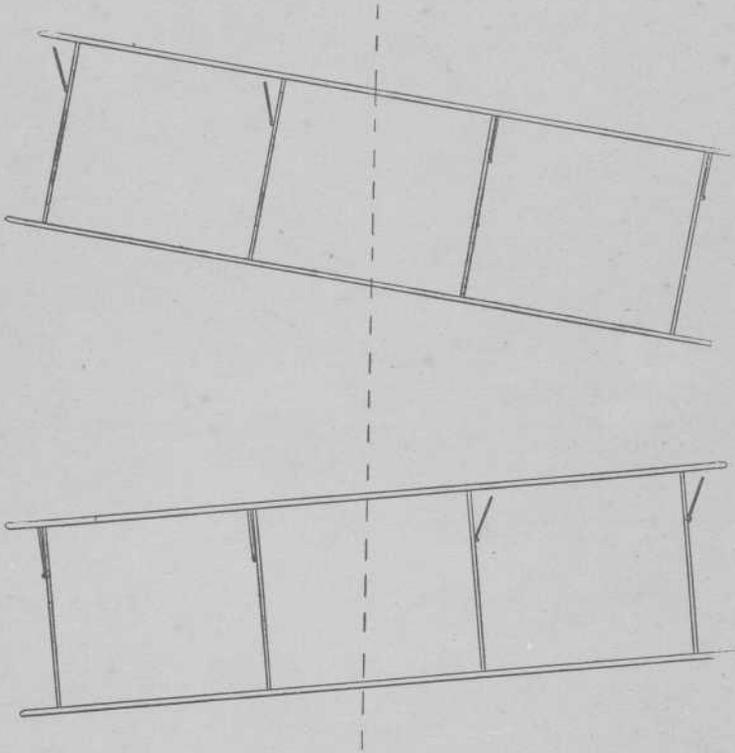


Fig. 34.

el lado alto, el aire pasa libremente abriendo las válvulas y disminuyendo en consecuencia la sustentación. El par de fuerzas que se creará será mayor cuanto mayor sea la inclinación, siendo máximo probablemente cerca los 45° , inclinación que jamás debe poder alcanzarse en marcha recta.

Los efectos resultan conforme la regla metacéntrica, pues en realidad se produce un aumento de sustentación en el lado bajo y disminución en el lado alto, contribuyendo ambos á llevar la resultante de los esfuerzos verticales hacia el lado por donde se ha inclinado el aparato; por lo tanto, la vertical que pasará por la nueva posición del centro de sustentación cortará la vertical antigua, ahora inclinada por arriba del centro de gravedad.

Este efecto no aparece en realidad hasta que el aparato se inclina, pues en marcha recta la presión sobre los tabiques válvulas es igual de los dos lados y se comprende también que el efecto de dichos tabiques aumentará con la inclinación.

En curva, cuando el timón de dirección inicie un viraje, el aparato tomará deriva resbalando lateralmente según la tangente, á lo cual sólo se opondrán las válvulas del lado de afuera de la curva que se va á describir, produciendo aumento de presión en aquel lado, y en consecuencia su levantamiento, esfuerzo que persistirá y aún irá aumentando mientras el aparato tienda á derivar; las válvulas del lado opuesto, abriéndose por el mismo efecto que se cierran las primeras, producirán una disminución en la sustentación, ayudando á inclinar el aparato. Estos efectos quedarán anulados en cuanto cese el movimiento de deriva, permaneciendo los tabiques valvulares indiferentes, mientras aquella inclinación sea la conveniente para la curva descrita á la velocidad de marcha. En cuanto cese el efecto del timón de dirección ó por una ligera inclinación contraria, el aparato tenderá á seguir una dirección recta, trabajando entonces las válvulas como se dijo en la marcha recta, ó como trabajarán en caso de que por casualidad ó viento lateral la inclinación tomada fuera excesiva para la curva descrita; entonces se iniciará la caída á lo largo de la inclinación, produciéndose el cierre de las válvulas del lado bajo y abertura de las opuestas, con resulta-

do análogo á lo ya dicho, hasta haberse rectificado automáticamente la inclinación, sea para una recta ó para una curva de mayor radio. Resulta así que estos tabiques ó semicélulas valvulares tienden, no sólo á colocar el aparato en la horizontal en la marcha recta, sino, en la marcha curva, á llevarlo y sostenerlo en la inclinación conveniente á la curva descrita y según la velocidad de marcha, pues la intensidad de su efecto es proporcional al cuadrado de la velocidad.

El aumento de la resistencia de penetración debido á esta disposición es muy pequeño, y me atrevo á decir nulo para las válvulas colocadas entre los montantes de un biplano. La superficie que presentarán lateralmente al viento es también muy pequeña, y además reemplazan y permiten suprimir la quilla de estabilidad de ruta, ó los planos contra deriva que el mismo Wright, tan gustoso de simplificar el velamen, no ha podido suprimir.

La experiencia parece habernos ya demostrado que dos ó tres válvulas á cada lado de un biplano son suficientes, sin embargo la disposición permite colocar algunas más sin inconveniente. El ensayo de un modelo escala $\frac{1}{10}$ dió por resultado el poder cargar 15 gramos, que representan 15 kilos á tamaño natural, en la punta de un ala, sin que el aparato perdiera su buen planeo horizontal al lanzarlo, siendo así que, quitada la disposición estabilizadora, cinco gramos bastaban para desequilibrarlo por completo. Se evita pues la necesidad de un equilibrio matemático lateral del peso, y permite al piloto más libertad de movimientos.

Ocurrióse nos lanzar el modelo al revés, dando por resultado el que el aparato dió siempre la vuelta por sí solo, con una altura de tres á cuatro veces la mayor dimensión del modelo; cuantas veces se lanzó con la disposición estabilizadora ocurrió lo mismo, siendo así que, quitadas las válvulas, bajaba al revés sin tumbarse. ¿Será verdaderamente imposible el vuelco de un aparato provisto de la

disposición que acabo de explicar? ¿Permitirá al piloto prescindir por completo del equilibrio transversal? Los ensayos que hemos ya realizado en distintas ocasiones permiten esperarlo, pero de todos modos aseguran un gran descanso al piloto y le dan una guía para la inclinación que debe tomar en los virajes.

Con el auxilio de las semi-células descritas, el aparato quedará lateralmente en equilibrio estable durante la marcha, tendrá cierta resistencia á las causas perturbadoras en sentido transversal, pero no por esto dejaremos de dotarlo de una poderosa rectificación á mano del piloto, colocando alerones en el biplano delantero, pues el problema que debemos perseguir es dotar al aparato de los mayores medios de defensa, para que pueda resistir las mayores causas perturbadoras.

CAPÍTULO XIII

Maniobras auxiliares

Hemos tratado de dar al aparato condiciones de equilibrio estable en marcha, solo por la constitución de su velamen combinado con un adecuado reparto de cargas; el aparato gozará pues de lo que se llama estabilidad automática, no teniendo el piloto necesidad de hacer de continuo el equilibrista. Esta circunstancia dará al aparato defensa propia contra perturbaciones de una intensidad que no queremos precisar, tanto por no ponderarla con exceso, como por no quedarnos cortos, pero siempre sucederá que, si á un aparato de tales condiciones lo dotamos de los medios de rectificación usuales, es innegable que tendrá una defensa mucho mayor que un aparato en situación de equilibrio indiferente, dotado sólo de la rectificación á mano ó, mejor dicho, de lo que en nuestro aparato calificamos de maniobras auxiliares.

He de hacer observar aquí que el problema actual de la aviación, en lo que se refiere propiamente al vuelo, consiste únicamente en ejecutar aparatos que tengan la mayor potencia defensiva contra los agentes perturbadores. En tiempo de calma vuelan muchos aparatos; con huracán puede decirse que todos caen. La velocidad aumenta la defensa, pero además hay dos medios de defenderse: 1.º con la forma propia del aparato tal como tratamos de hacer, y, 2.º con deformaciones á producir en las superficies, que es la única que tienen la generalidad de aparatos. No pretenderemos sea mucho ó poco, pero indudablemente algo hemos de ganar, teniendo

además de los medios usuales con que cuentan los aparatos que hoy vuelan, la defensa propia debida á su forma y reparto de pesos dado al aparato que estudiamos.

Por lo que hemos dicho al tratar de los tandems en el capítulo III, no nos conviene añadir un timón de profundidad separado de las velas, pues tendría poca eficacia. Así pues las maniobras auxiliares conviene estén sobre las velas mismas, para que produzcan todo su efecto sobre el conjunto de nuestro aeroplano.

La estructura del aparato nos da medio de obtener la rectificación á mano longitudinal y transversal, sólo con dos alerones alabeables A y B situados como prolongación posterior del biplano delantero, segun se ve en la figura 35, planta del aparato.

Como dichos alerones están situados en la parte delantera, bastará aumentar la curvatura de los mismos, doblándolos juntos hacia abajo, para levantar el aparato y hacer la maniobra inversa para inclinarlo hacia adelante ó perder incidencia. Si en lugar de maniobrar los dos alerones en el mismo sentido, los maniobramos uno en sentido contrario del otro, produciremos la rectificación de las inclinaciones transversales, pudiéndola aplicar de modo que estas deformaciones de sentido contrario sean además iguales á ambos lados del aparato, á fin de que al ejecutarlos no se produzca diferencia en la resistencia de penetración de un lado á otro.

Tenemos la maniobra rectificadora alrededor de los dos ejes horizontales del aparato; réstamos á hacer la rectificación alrededor de un eje vertical ó sea la de dirección, lograda del modo usual por dos timones de dirección situados en la parte posterior.

Un solo volante V realiza las tres maniobras del modo siguiente, fig: 36. El eje tubular d del mismo lleva un cojinete de bolas t al cual van fijados dos cables m y n , que por medio de renvíos mueven respectivamente los alerones A y B. Dicho eje va sostenido en

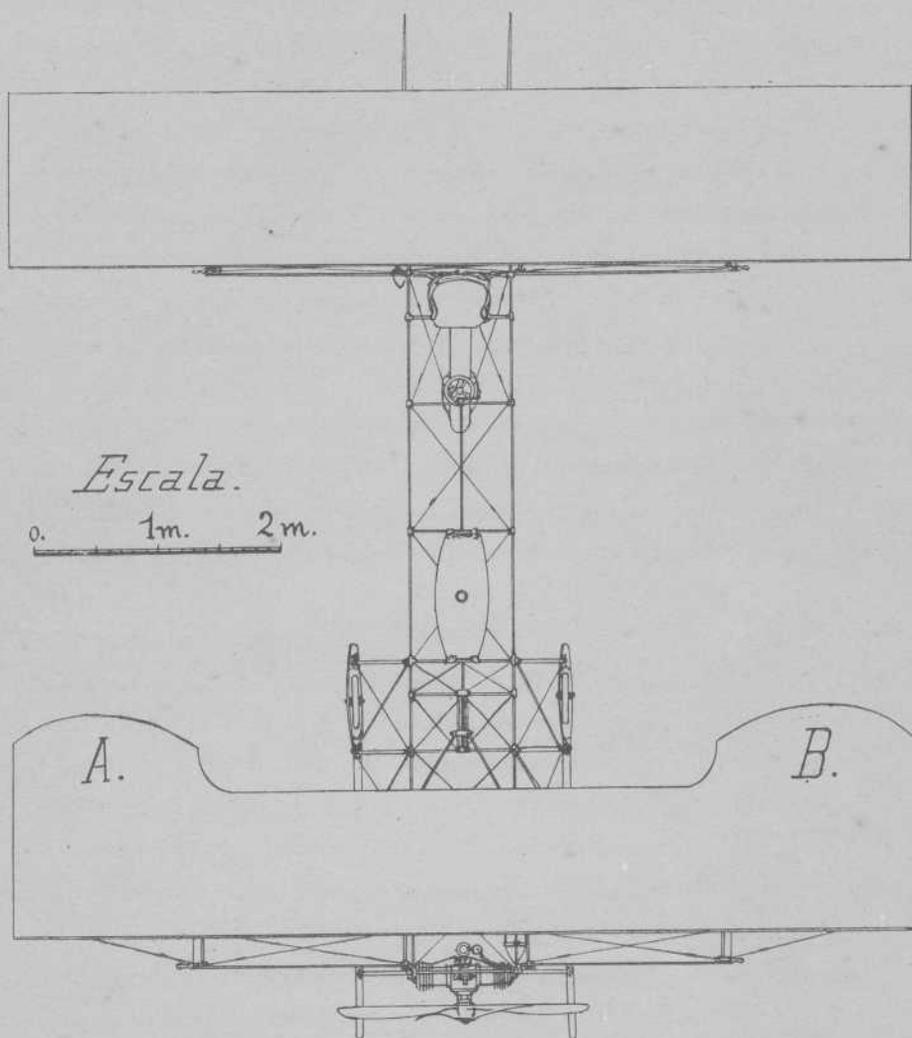


Fig. 35

Doble biplano tipo militar de 26,50 metros cuadrados de superficie sustentadora

Vista en planta

su parte inferior por un soporte fijo en el apoyo de los pies del aviador, debajo del cual va un pequeño tambor *c* de dos gargantas, en los cuales se arrollan dos cables *p* y *q*, que maniobran los timones de dirección: una articulación á la cardan *r* ó un trozo de tubo flexible, permite que el eje del volante pueda oscilar á la vez que hacer girar el tambor *c*.

En la figura se ve claro el funcionamiento: cuando el aviador lleve el volante hacia sí, hará bajar á la vez los dos alerones A y B, y por lo tanto aumentará su curvatura, levantando el aparato de delante; haciendo el movimiento inverso producirá evidentemente el efecto contrario. Llevando el volante hacia la derecha, tirará del cable *n*, bajando el alerón A, y aflojará el cable *m* levantándose el alerón B; por lo tanto, producirá el levantamiento de la parte izquierda del aparato; del mismo modo, llevando el volante hacia la izquierda, levantará la parte derecha del aparato: es la maniobra que corresponde á los reflejos naturales del aviador, pues cuando el aparato se le incline hacia un lado, deberá llevar el volante hacia el lado contrario, como si quisiera levantar el aparato con el volante, que es lo que efectivamente realiza. Haciendo girar el volante alrededor de su eje, tirará ó aflojará respectivamente los cables *p* y *q*, produciendo la correspondiente inclinación de los timones verticales de dirección. Las tres maniobras son completamente independientes una de otra, y pueden hacerse simultáneamente cuando convenga. Así, para ejecutar un viraje, se hará girar el volante para la dirección á la vez que llevarlo hacia un lado para tomar la inclinación correspondiente, tirando también un poco hacia atrás, para compensar algo la pérdida de altura que tendrá el aparato por razón del viraje.

Hemos sustituido la articulación cardan *r* por un trozo de tubo metálico flexible, no sólo por tener el mismo resultado con mayor

sencillez, si que también porque nos permite pasar las maniobras de inflamación y demás del motor, por dentro del tubo que forma el eje, para colocar las manetas correspondientes á las mismas encima del volante, en la forma corrientemente empleada para los automóviles.

Los cables *p* y *q* pueden mover junto con el timón de dirección

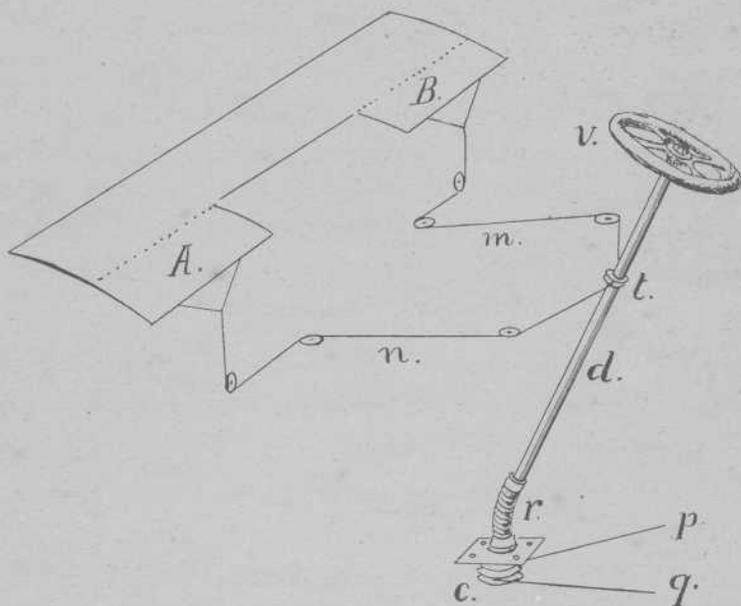


Fig. 35

la rueda posterior, que es orientable á fin de facilitar el que el aparato, aun á poca velocidad, pueda moverse y maniobrar por el suelo, de la misma manera y tan fácilmente como un automóvil. Esta condición tiene cierta importancia, pues hemos visto algunas averías al aterrizar chocando contra un obstáculo, que se habrían evitado fácilmente si el aparato hubiera maniobrado en tierra.

Reasumiendo las condiciones de navegabilidad del aparato pro-

yectado, resulta que éste tiene ante todo lo que se llama estabilidad automática, ó sea que debe sostenerse por sí en equilibrio sin esfuerzo ó trabajo alguno del piloto, pudiendo subir y bajar, únicamente variando la marcha del motor. Posee además un reglaje variando la diferencia de incidencia de las dos superficies según la marcha que quiera llevarse, cuyo reglaje suprime la delicada *mise au point* de los aparatos corrientes; y, finalmente, lleva las tres maniobras necesarias en todo aparato, accionadas con suma facilidad por un solo volante, sobre el cual van además montadas las maniobras usuales de avance ó cambio de velocidad y demás para reglaje del motor, resultando la conducción ó pilotaje de suma sencillez.

CAPÍTULO XIV

Cálculo de la fuerza necesaria

Para estudiar la marcha del aparato precisa conocer la resistencia que el esqueleto y demás partes inertes del mismo opondrán al aire, lo cual como es sabido, depende de la superficie ó sección transversal opuesta por estas piezas en sentido de trayectoria, multiplicada por un coeficiente de rebaja dependiendo de la forma de las mismas. Multiplicando la superficie reducida, por el coeficiente $\varphi = 0.08$ de resistencia ortogonal y por el cuadrado de la velocidad, que en nuestro caso vale $16^2 = 256$, hemos obtenido el esfuerzo en kilogramos correspondiente á cada uno de los elementos del aparato, dando los resultados siguientes:

Montantes, tirantes y aristas de los dos biplanos	12 Kgs.
Armazón ó viga con motor y accesorios.	7 »
Aterrisaje delantero.	6 »
» posterior, maniobra, etc.	4 »
Cuerpo del aviador	8 »
<hr/>	
TOTAL.	37 Kgs.

Estos esfuerzos están colocados en la figura 37 según el plano del aparato figura 12. Son horizontales y paralelos; así pues, componiéndolos gráficamente, nos dan la situación del esfuerzo total $R = 37$ Kgs. con relación al centro de gravedad del aparato.

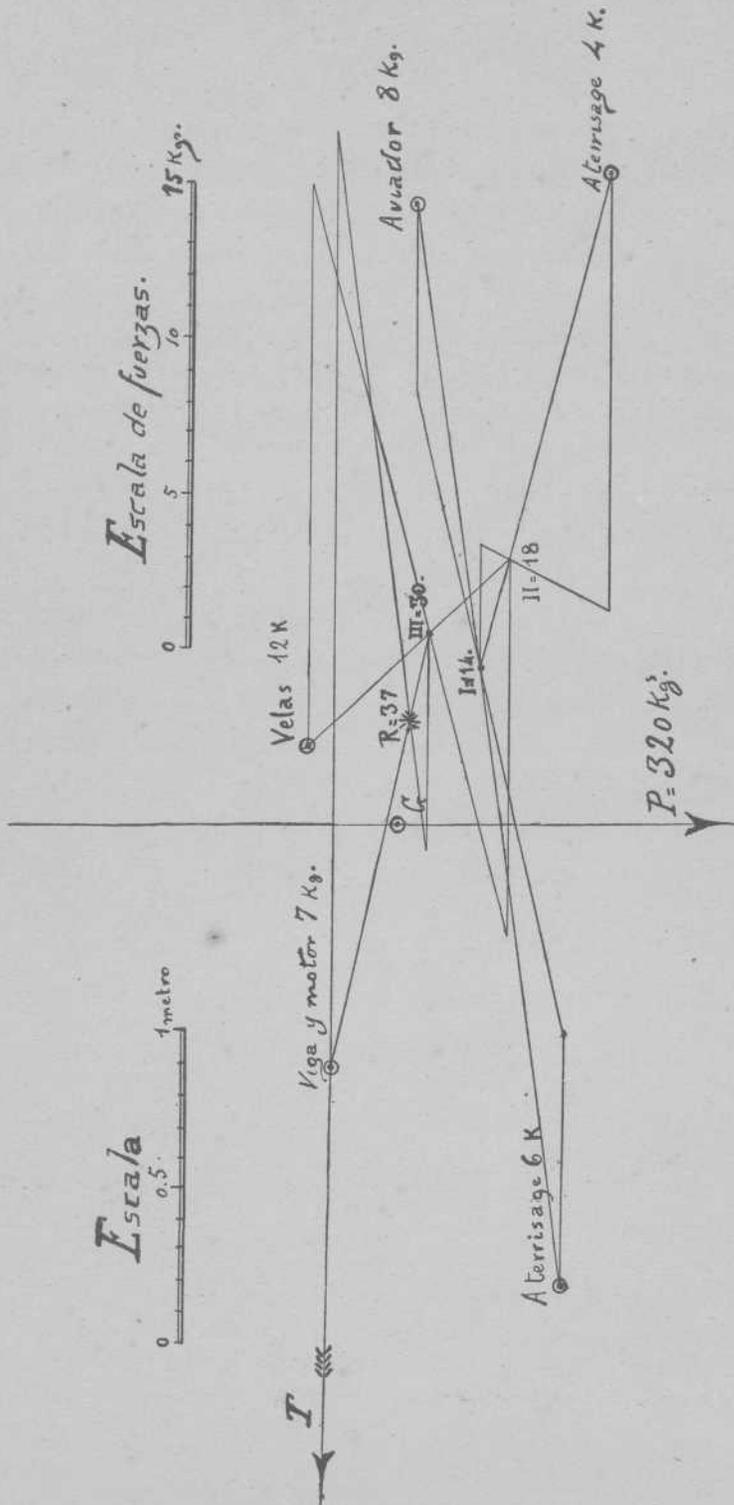


Fig. 37. — Cálculo gráfico de la posición del centro de resistencia á la marcha.
Resultante de resistencias pasivas.

La resistencia á la marcha debida al velamen ó sea la componente horizontal, la calcularemos por los coeficientes k_x de Eiffel para la misma superficie curva que antes hemos citado, cuyos valores son:

Tabla de los valores de K_x encontrados por M Eiffel para una superficie curva de sección de arco de círculo de $0'500 \times 0,150$

á 1°. $K_x = 0,0034$	á 16°. $K_x = 0,0188$
» 2°. » = 0,0038	» 17°. » = 0,0205
» 3°. » = 0,0043	» 18°. » = 0,0220
» 4°. » = 0,0048	» 19°. » = 0,0233
» 5°. » = 0,0054	» 20°. » = 0,0245
» 6°. » = 0,0059	» 21°. » = 0,0257
» 7°. » = 0,0069	» 22°. » = 0,0268
» 8°. » = 0,0074	» 23°. » = 0,0278
» 9°. » = 0,0082	» 24°. » = 0,0288
» 10°. » = 0,0091	» 25°. » = 0,0298
» 11°. » = 0,0103	» 26°. » = 0,0307
» 12°. » = 0,0117	» 27°. » = 0,0316
» 13°. » = 0,0133	» 28°. » = 0,0324
» 14°. » = 0,0151	» 29°. » = 0,0332
» 15°. » = 0,0170	» 30°. » = 0,0340

El valor SV^2 que antes hemos encontrado, era de 3361; por lo tanto tendremos:

Superficie delantera á 4° .	$3361 \times 0,0048 = 16,13$ Kg.
Id. posterior á 2° .	$3361 \times 0,0038 = 12,77$ »
TOTAL . . .	<u>28,90</u> Kg.

A la cual hay que añadir las resistencias correspondientes á los alerones del biplano delantero y á la prolongación plana de las velas del biplano posterior. Por esto hemos apreciado en 35 Kgs. el valor de esta resistencia del velamen.

La resistencia total á la marcha á 16 metros de velocidad por segundo será pues

$$37 + 35 = 72 \text{ kilogramos.}$$

Hemos supuesto un motor de 30 caballos, que con hélice acoplada directamente de 2 metros de diámetro, puede dar á 16 metros 100 kilogramos de tracción; por lo tanto, tenemos 30 % sobrante para el arranque del aparato.

El cuadro que insertamos en el último capítulo demuestra las condiciones del vuelo del aparato que hemos estudiado en detalle, comparado con los tres biplanos que podemos llamar clásicos, Voisin Farman y Wright, resultando nuestro aparato completamente dentro las condiciones usuales de vuelo comprobadas por la práctica.

CAPÍTULO XV

Comprobación de la marcha en equilibrio

En un aeroplano que se sostiene en el aire actúan cuatro fuerzas que son:

- *Tracción de la hélice*
- *Peso del aparato.*
- *Reacción del aire sobre las partes inactivas del aparato.*
- *Reacción total del aire sobre las velas.*

Por los párrafos anteriores conocemos aproximadamente tres de estas cuatro fuerzas, y aun la última descompuesta en dos por conveniencia de cálculo. Vamos ahora á calcularla en total por el coeficiente K_l de Eiffel para la misma superficie curva $1/13,5$ de flecha, cuyos valores resultan de la tabla adjunta:

Tabla de los valores K_l de Eiffel para una superficie curva de sección del arco de circuito

á 0°. $K_l = 0,034$	á 11°. $K_l = 0,075$.
» 1°. » = 0,038	» 12°. » = 0,076
» 2°. » = 0,042	» 13°. » = 0,077
» 3°. » = 0,047	» 14°. » = 0,078
» 4°. » = 0,051	» 15°. » = 0,0785
» 5°. » = 0,055	» 16°. » = 0,078
» 6°. » = 0,059	» 17°. » = 0,077
» 7°. » = 0,063	» 18°. » = 0,076
» 8°. » = 0,067	» 19°. » = 0,074
» 9°. » = 0,070	» 20°. » = 0,072
» 10°. » = 0,073	

En la posición normal de equilibrio en marcha horizontal, supondremos los alerones y la prolongación plana de la vela posterior en dirección de trayectoria. La reacción total será, pues:

$$\text{Biplano delantero á } 4^{\circ} \quad 0,054 \times 3361 = 181,5 \text{ Kg.}$$

$$\text{Id. posterior á } 2^{\circ} \quad 0,054 \times 3361 = 144,5 \text{ »}$$

$$\text{TOTAL } R_t \quad . \quad . \quad 325 \text{ Kg.}$$

En la figura 38 hemos reproducido la curva de centros de presión P Q del trazado metacéntrico de la figura 19 en su posición relativa con el centro de gravedad G, y con el centro de resistencia á la marcha que nos ha dado el trazado de la figura 37.

La reacción total del aire que se halla aplicada en el punto 4 de la curva P Q la hemos medido á la escala de fuerzas y compuesto con la reacción pasiva de 37 Kg., dando una resultante $M = 330 \text{ Kg.}$ cuya dirección hemos visto pasaba por el punto de intersección del eje motor con la vertical que pasa por el centro de gravedad.

Componiendo el peso con una tracción tal que la resultante esté en prolongación de la M, nos resulta que una tracción $O = 76 \text{ (1)}$ nos da compuesta con el peso una resultante $N = 330 \text{ Kg.}$ directamente opuesta á la M y por lo tanto equilibra el aparato en la trayectoria horizontal.

Nos resulta establecida la condición fundamental del equilibrio en marcha de un aeroplano, y es que la tracción compuesta con el peso, dé una resultante igual en magnitud y dirección pero de signo contrario, á la resultante del esfuerzo total del aire sobre las velas, compuesta con la resistencia á la marcha de las partes

(1) Antes hemos encontrado una tracción de 72 Kg. La diferencia próximamente de 5 por 100 resulta de la falta de precisión ó insuficiencia de los datos elementales sobre superficies la cual no altera sin embargo la esencia de los procedimientos de cálculo ni las condiciones fundamentales del aparato estudiado. Muy al contrario, nuestro estudio demuestra que los datos experimentales de que disponemos son suficientes para comprobar las condiciones de cualquier sistema de velamen.

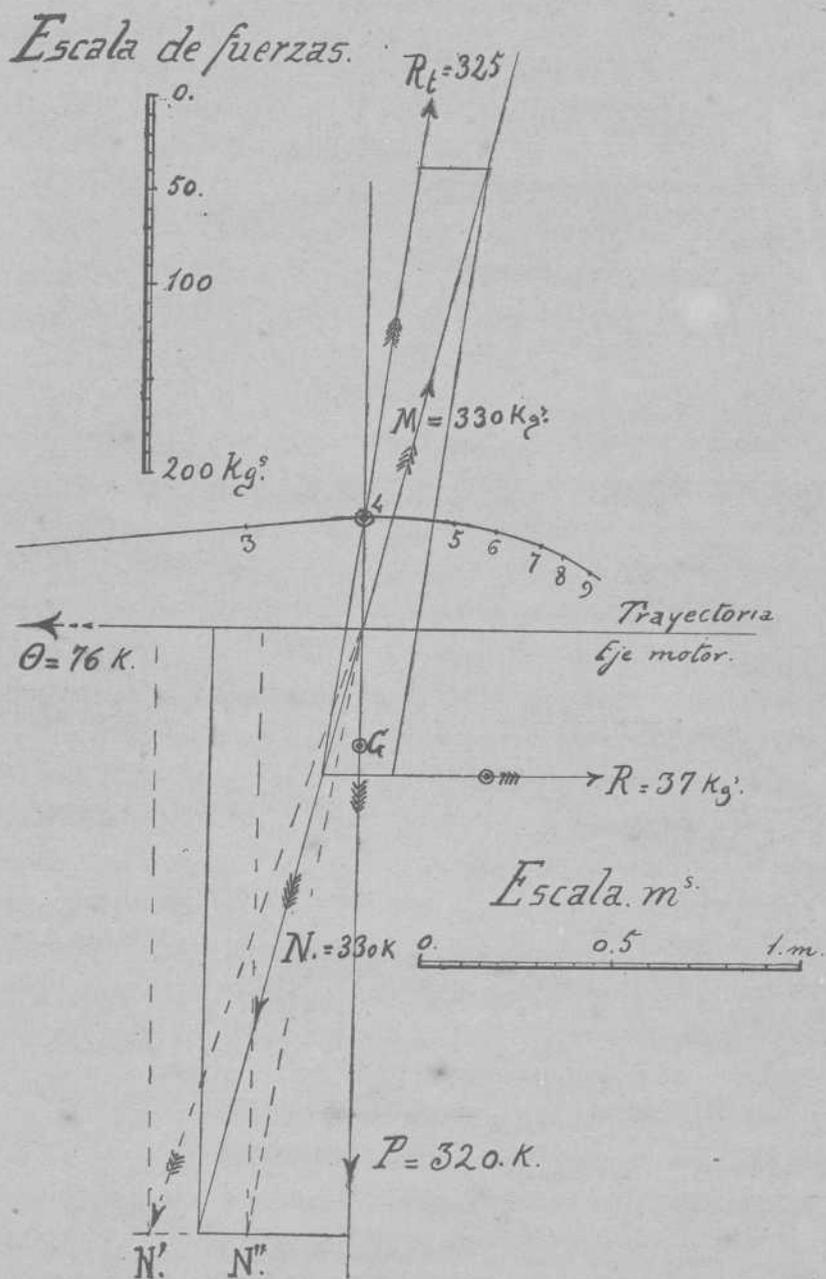


Fig. 38.

Esfuerzos sobre el biplano en la situación de equilibrio en marcha horizontal.

inertes, ó mejor dicho, la *resultante de componer el peso con la tracción debe equilibrar la reacción total del aire sobre el aparato.*

Aumentando la tracción tendremos una resultante N' que será mayor que N y por lo tanto que M : en consecuencia el aparato subirá aumentando algo la incidencia para ponerse N' en prolongación de M . Si la tracción disminuye, la resultante N'' será menor que M y en consecuencia el aparato bajará, disminuyendo algo la incidencia. Cuando la tracción llegue á reducirse á 0, es el peso quien deberá contrarrestar la reacción total del aire, teniendo la posición de planeo con motor parado en la cual N debe confundirse con P y la proyección de P sobre la trayectoria debe valer aproximadamente Θ : el aparato, por lo tanto, bajará con un ángulo muy próximo al que hacen N y P en la posición de marcha horizontal. Así pues, cuando el motor se pare el aparato bajará con un ángulo máximo de caída de 14 grados; el piloto podrá tomar una pendiente mucho menor disminuyendo ligeramente la incidencia del biplano delantero.

Resulta que para la marcha en equilibrio, salvo otras conveniencias, no hay necesidad alguna de que el centro de presión, ni el eje de la hélice, ni el centro de resistencia á la marcha, coincidan ni se acerquen al centro de gravedad, como tampoco importa que éste se halle situado más alto ni más bajo que el centro de sustentación. Lo que sí nos marca el trazado, es que el eje del motor, debe pasar por el punto de intersección de la reacción total del aire sobre el aparato, con la vertical que pasa sobre el centro de gravedad y el centro de la reacción del aire sobre las velas.

Tampoco tiene importancia alguna en la marcha en equilibrio el que la hélice se halle delante ó se halle detrás, lo que sí se ve claro es que la inclinación de la reacción total del aire sobre las velas y la intensidad y posición de la resistencia á la marcha de

Escala de fuerzas.

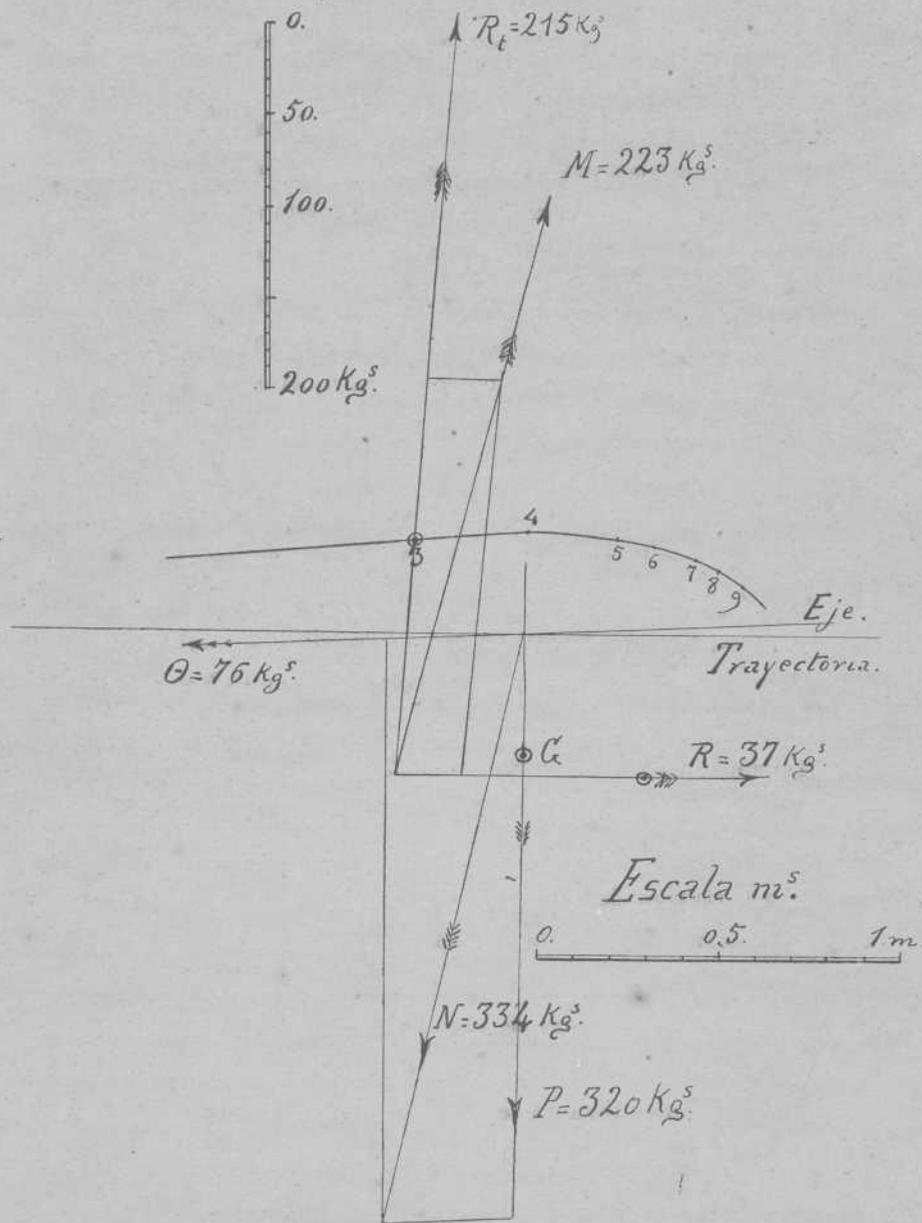


Fig. 39.

Esfuerzos en el caso de una inclinación instantánea de 3 grados hacia adelante

las partes inertes del aparato, son los que determinan la mejor situación del eje de la hélice.

Vamos á estudiar las perturbaciones relacionando con la marcha el trazado metacéntrico de la figura 19, para lo cual empezaremos suponiendo que el aparato se inclina instantáneamente 3° hacia adelante. De momento la inercia le hará continuar en su trayectoria horizontal y en consecuencia se encontrará en las condiciones de la figura 39. El centro de presión se habrá trasladado al punto 3 de la curva P Q y la reacción del aire sobre las velas será $R_t = 215$ Kg. y hallándose por delante del centro de gravedad tenderá á levantar el aparato.

La resultante total de la acción del aire sobre el aparato $M=223$ Kg. no se halla ya en prolongación de N, que ahora vale 334 Kg. por razón de la inclinación que ha tomado el eje. M y N ya no coinciden, sino que producen un par rectificador cuyo valor nos lo dará la resultante de los mismos, que vale unos 14 Kg. y se halla situada á 6 metros próximamente por encima del centro de gravedad. Tenemos pues un esfuerzo de 14 Kg. que, con un brazo de palanca de 6 metros, tenderá á volver el aparato á la posición horizontal primitiva.

Si la perturbación persiste y obliga al aparato á continuar en una trayectoria inclinada de 3° hacia adelante, la situación del aparato será la de la fig. 40. Las reacciones del aire sobre el aparato se colocarán como en la figura 38, pero inclinadas en conjunto 3° hacia delante. Pero entonces M y N quedarán en desequilibrio tendiendo continuamente á levantar el aparato y volverlo á la horizontal. Además al esfuerzo de tracción que continua siendo el mismo, se sumará el trabajo de la gravedad sobre el peso en bajada, que es la proyección de dicho peso sobre la trayectoria, y como conse-

Escala de fuerzas.

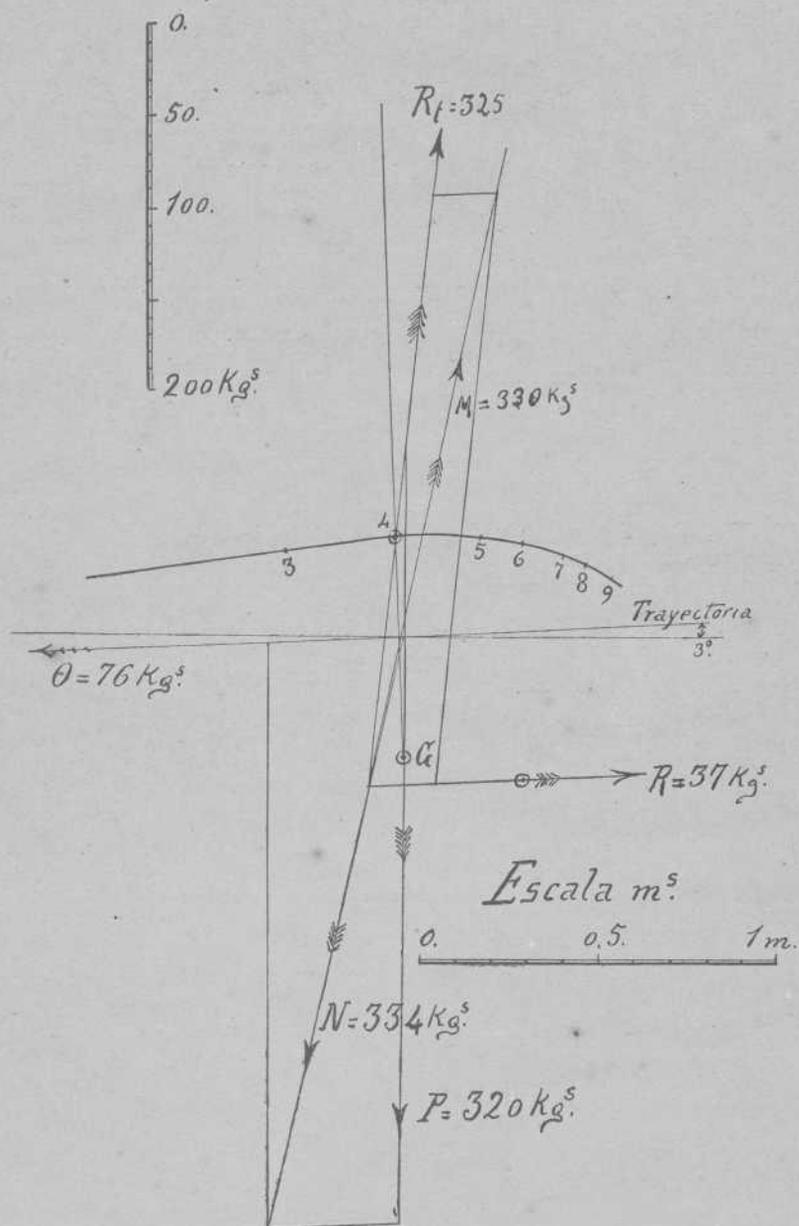


Fig. 40.

Esfuerzos en el caso de una inclinación sostenida de 3 grados hacia adelante.

cuencia de esto tendremos un aumento de velocidad y con ella una tendencia á volver á la trayectoria horizontal.

Si el aeroplano sufre una encabritada instantánea de 3° , los esfuerzos desarrollados serán los de la figura 41, las fuerzas M y N dan una resultante rectificadora $r = 120$ Kg. que representa un esfuerzo horizontal de 80 Kg. á 1'70 del centro de gravedad, tendiendo á devolver la horizontalidad al aparato. Si la encabritada es persistente y produce cambio de trayectoria á la inclinación de 3° , tendremos la distribución de esfuerzos de la figura 42, las reacciones del aire están inclinadas hacia atrás, y el desequilibrio entre M y N tiende siempre también á colocar otra vez el aparato en posición horizontal. El examen detenido de las figuras y la consideración de la intensidad de los esfuerzos producidos demuestra claramente que cualquier perturbación en la posición normal del aparato, da origen á una fuerza antagonista que tiende á neutralizarla, fuerza cuya intensidad es mayor cuanto mayor es la perturbación; la introducción del esfuerzo de tracción y la resistencia de las partes inactivas, no altera, sino que al contrario acentúa, los efectos indicados por los trazados metacéntricos.

Las consideraciones anteriores demuestran también la manera cómo se producirá el arranque del aparato. Dada la posición del esfuerzo tractor Θ , mientras el aparato arranque, tanto la inercia aplicada en G , como el rozamiento de las ruedas en tierra, ocasionarán un aumento del arrastre colocado por debajo del eje, que hará perder incidencia al aparato; obtenida la velocidad de sostenimiento ligeramente acrecentada, el aparato subirá casi horizontalmente por llegar á ser la fuerza M algo superior á N . El aparato por sí tomará para salir, la posición de vuelo horizontal ligeramente levantada hacia adelante. El piloto podría ayudar la maniobra, tanto variando ligeramente la incidencia del biplano delantero, como maniobrando

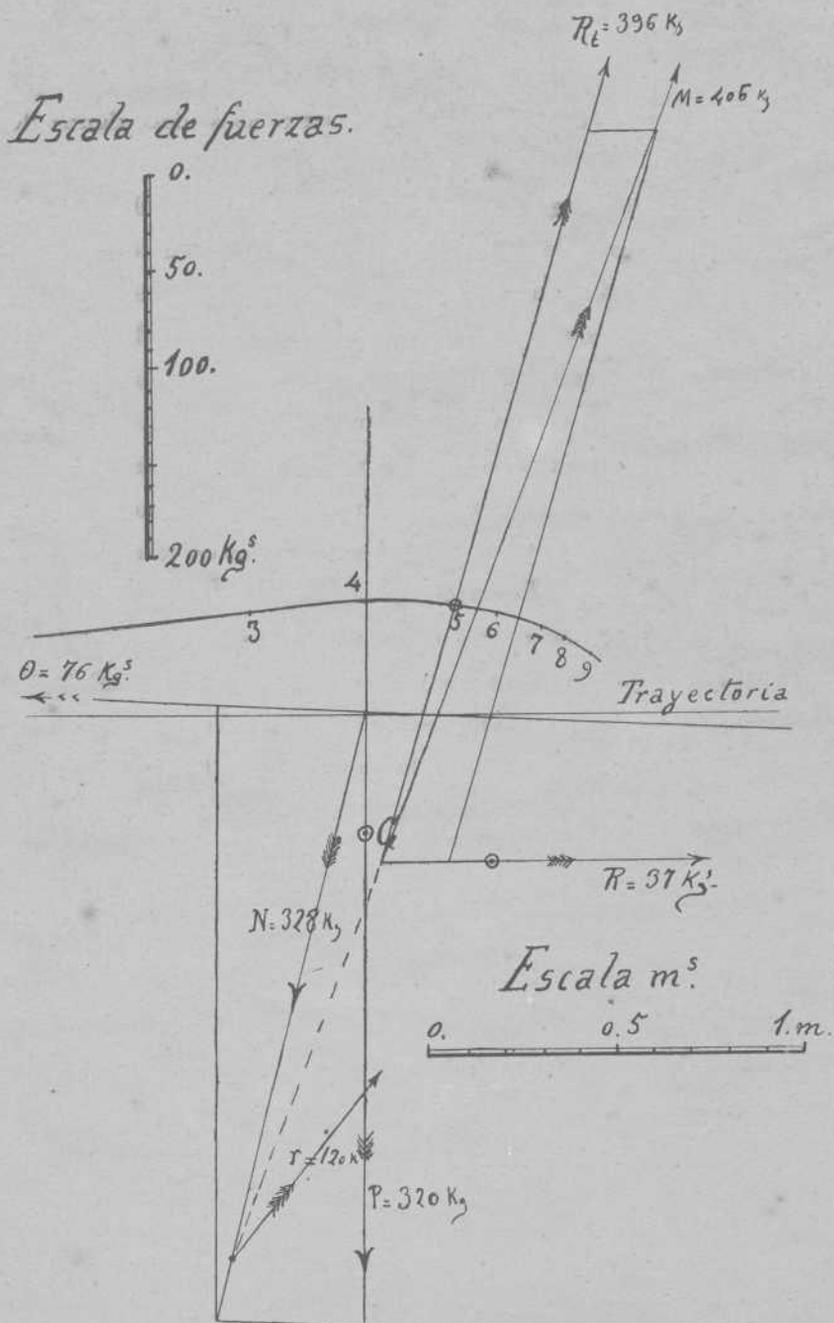


Fig. 41.

Esfuerzos en el caso de una inclinación instantánea de 3 grados hacia atrás.

los alerones, si bien de ordinario no tendrá necesidad alguna de ello.

De un modo semejante podríamos analizar la marcha del aparato con diferencias de incidencia entre las dos superficies menores ó mayores de 2° , tal como hemos indicado en el capítulo XI, pero lo juzgamos innecesario porque, una diferencia menor disminuiría la potencia estabilizadora longitudinal, y una diferencia mayor, si bien aumenta la potencia estabilizadora, aumenta la incidencia total y por lo tanto disminuye el rendimiento. El piloto gracias á ser maniobrable el biplano delantero podrá con buen tiempo disminuir la incidencia llevando mayor velocidad, y en caso de viento aumentarla, para tener mayor seguridad en el equilibrio longitudinal propio del aparato. El llevar motor sobrante, lejos de ser un peligro dará mayor seguridad para este último caso, en el cual el piloto deberá, en cambio, tener mayor atención en el caso de paro del motor, para inmediatamente disminuir la incidencia y tomar una buena velocidad de planeo.

Escala de fuerzas.

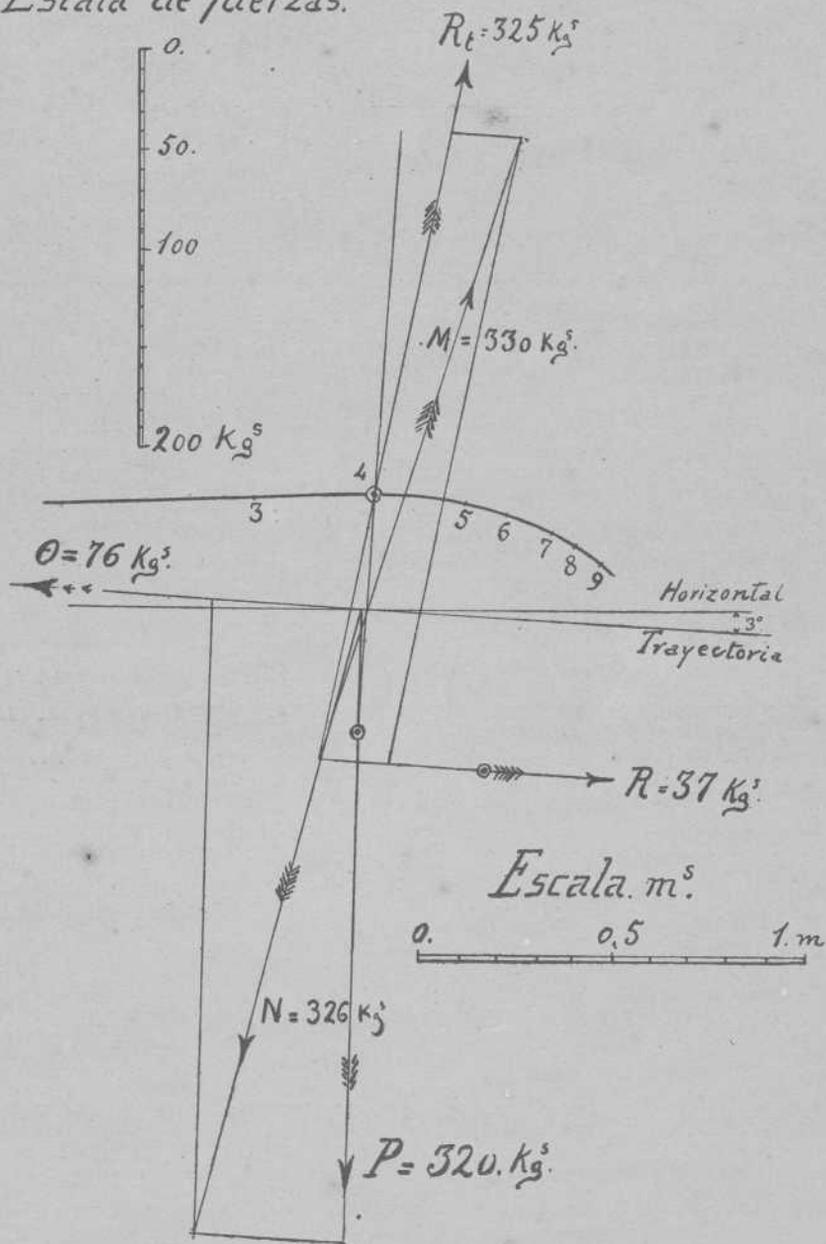
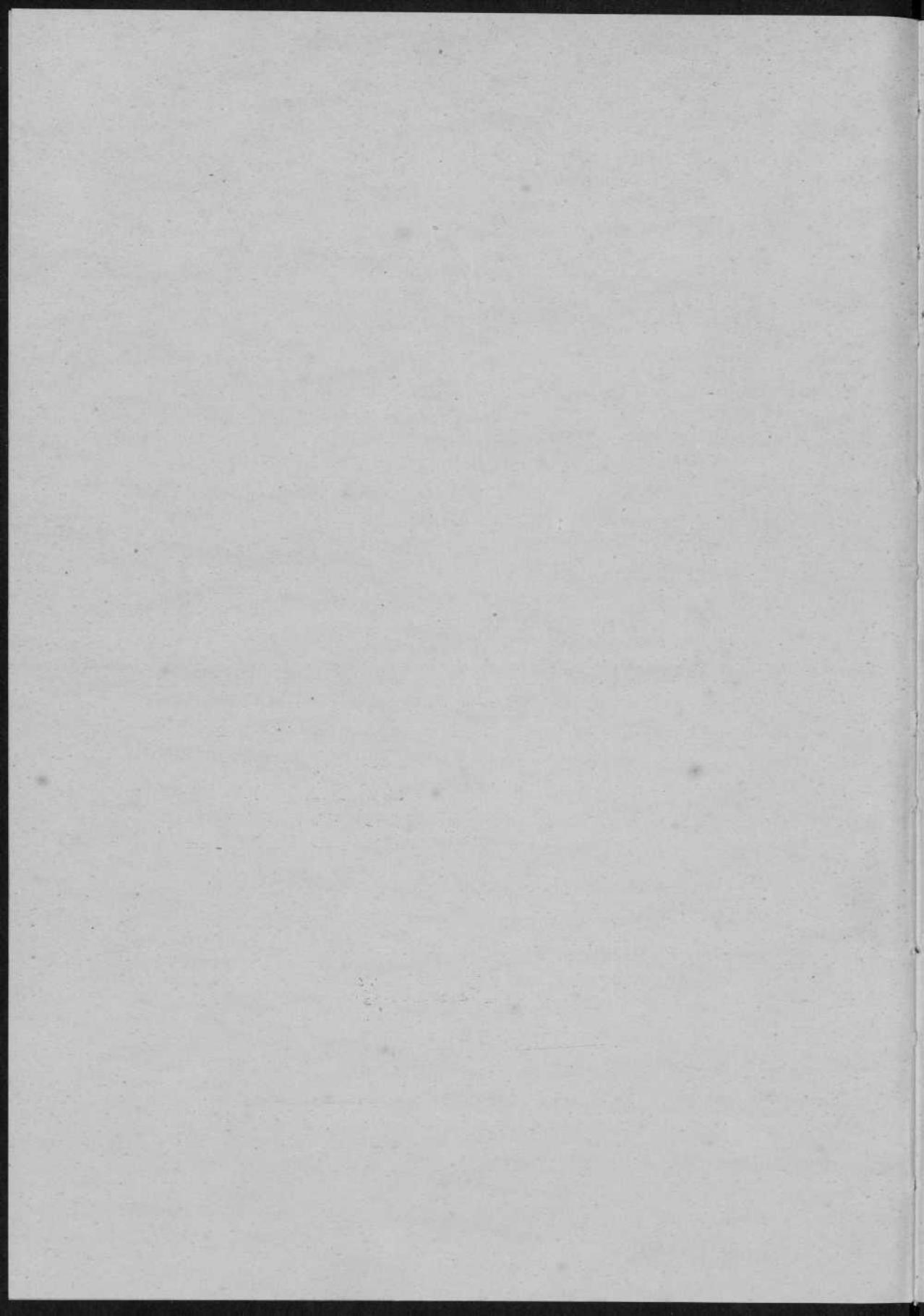


Fig. 42.

Esfuerzos en el caso de una inclinación sostenida de 3 grados hacia atrás.



CAPÍTULO XVI

Aparatos según el concurso francés de 1911

Nuestro trabajo quedaría incompleto si no indicáramos las proporciones y características que tendría el segundo aparato militar que hemos indicado en el capítulo IV. Procediendo de una manera semejante á la desarrollada en los capítulos anteriores, hemos proyectado un triple biplano y un doble monoplano rápidos, de las proporciones que indica el concurso abierto por el Ministerio de la Guerra de la vecina República.

Dicho concurso solicita y premia por una parte la velocidad, pero por otra pide que los aparatos puedan salir de terrenos malos.

Estas dos condiciones ó tendencias son antagonistas, pues la segunda requiere un aparato ligero de gran superficie y marcha lenta mientras que, para obtener grandes velocidades, se requiere un aparato muy fuerte y de superficie reducida.

Por esto, respondiendo á las dos tendencias, hemos proyectado los dos aparatos de las figuras 43 y 44 cuyas características damos también á continuación y cuyas condiciones son parecidas al aparato que nos ha ocupado preferentemente.

Características del triple biplano de 75 metros²

Envergadura total 10 metros;

Envergadura reducida 6,30 metros;

Profundidad de las velas 1,69 metros;

Superficie activa de cada biplano 25 metros²;

Largo total 12,50 metros;

Peso con motor de 100 caballos 425 kilogramos;

Peso levantado á 65 kilómetros por hora 1119 kilogramos;

Incidencia del biplano delantero 4.º en la cuerda;

» » medio 3º » »

» » posterior 2º » »

Diámetro de la hélice 3 metros;

Alerones en el biplano delantero.

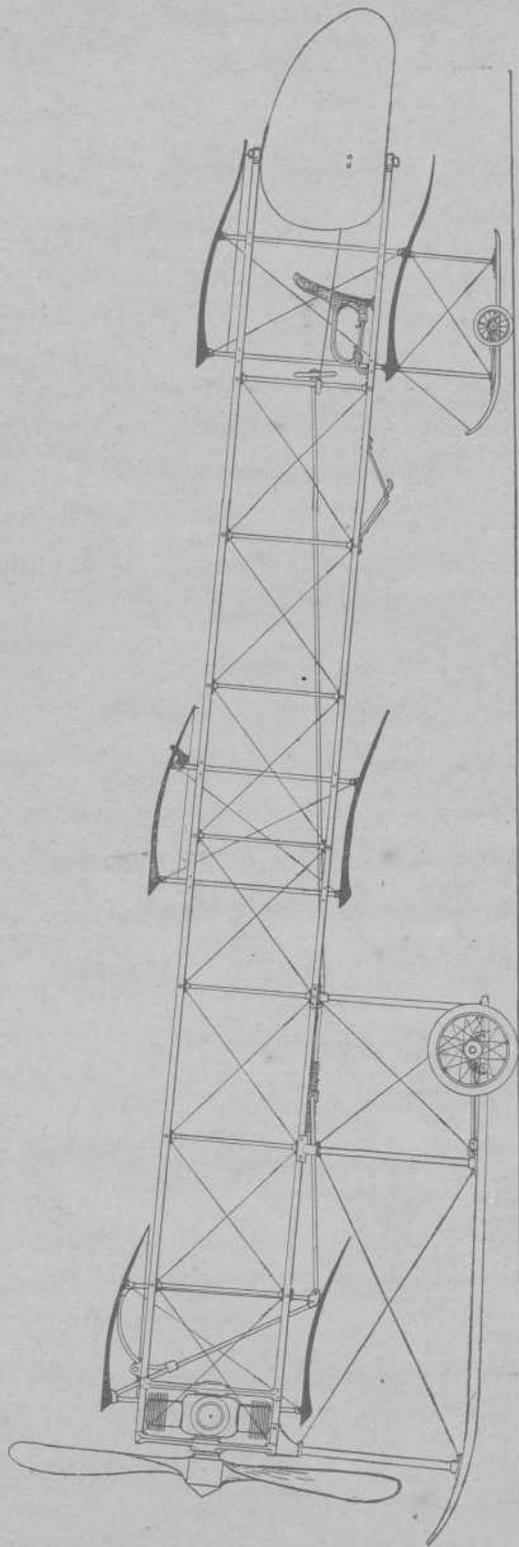


Fig. 43. — Triple biplano de 75 metros cuadrados de superficie sustentadora.

Características del doble monoplano de 40 m²

Envergadura, 9 metros;

Profundidad media de las velas, 2,25 metros;

Superficie de cada monoplano, 20 metros²;

Largo total, 11 metros;

Peso con motor de 100 caballos, 400 kilogramos;

Peso levantado á 86 kilometros por hora, 1051 kilogramos;

Incidencia de la cuerda monoplano delantero, 4°

» » » posterior, 2°

Hélice desembragable de 2,60 metros de diámetro;

Alerones en el monoplano delantero;

A Maniobra auxiliar al alcance del observador;

B » » del piloto;

C Sitio del mecánico;

D Alerones;

- *E* Semi células valvulares de estabilidad lateral;

M Sitio del motor.

Escala 2 m.^s
1 m.

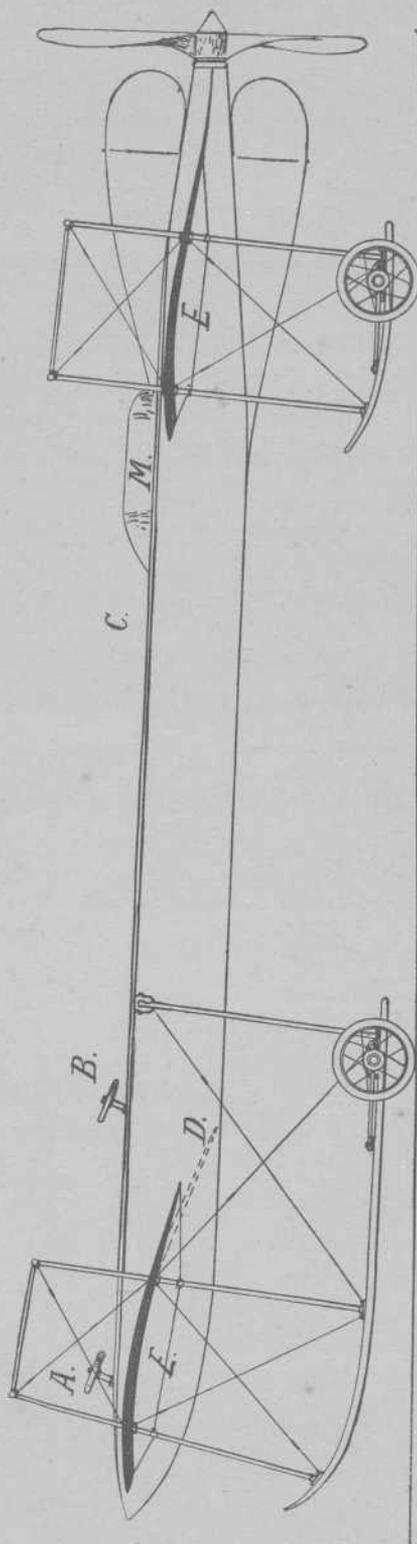


Fig. 44. — Doble monoplano de 40 metros cuadrados de superficie sustentadora.

El triple biplano es un aparato parecido al que acabamos de estudiar con velas fácilmente plegables y reuniendo todas las condiciones que hemos indicado para el doble biplano. Tiene 75 metros cuadrados de superficie sustentadora y pesa completo, con motor de 100 caballos, 425 kilogramos. Puede por lo tanto levantarse á muy poca velocidad, sobre todo si va descargado. En consecuencia podrá salir fácilmente, aun de malos terrenos. A 16 metros de velocidad el peso levantado puede ser de 885 Kg.: por lo tanto llevará 460 Kg. de peso útil. A 18 metros, ó sean 65 Km. por hora, la carga levantada podrá ser de 1119 Kg. Quedan por lo tanto cerca de 700 Kg. disponibles de peso útil sobrados para tres hombres, 200 Kg. de municiones y provisión de bencina para 7 á 8 horas. No hemos indicado en el plano la colocación de dos de los tripulantes, la cual puede ser muy variable dada la estructura del aparato; pueden reparirse de muchas maneras á lo largo del armazón, así como también pueden con facilidad colocarse maniobras en distintos puntos del mismo.

El doble monoplano es de construcción parecida al Antoinette, teniendo cada monoplano 20 metros de superficie sustentadora: á la velocidad de 24 metros por segundo tendremos que

$$S V^2 = 40 \times 24^2 = 11520$$

$$\text{Vela delantera á } 4^\circ \quad P = 11520 \times 0,0503 = 579,456 \text{ Kgs.}$$

$$\text{» posterior á } 2^\circ \quad P = 11520 \times 0,0418 = 481,536 \text{ »}$$

$$\text{ó sea un total de. . . . } 1060,992 \text{ Kgs.}$$

Pesando el aparato con motor de 100 caballos 400 kilogramos solamente, quedan 661 Kg. de peso útil que podremos cargar.

Es un aparato rápido, satisfaciendo todas las condiciones del concurso francés, pero que no saldrá con facilidad de cualquier terreno como no sea descargado para escapar.

Cuadro comparativo de nuestros aparatos dobles con los principales aparatos conocidos

APARATOS	Superficie m ² .	Potencia del motor Caballos	Peso del aparato Kgs.	Carga util Kgs.	Peso en carga máxima Kgs.	Carga por metro ² Kgs.	Carga por caballo Kgs.	Fuerza por tonelada Caballos	Carga util por caballo Kgs.
BIPLANOS	Farman . . .	50	425	150	575	14,37	11,5	87	3
	Voisin	50	450	160	600	12,	12,	84	3
	Wright	50	420	200	620	12,40	10,66	49	6,6
	Dobles	27	30	210	110	11,82	10,66	93	3,4
	biplanos . . .	75	100	425	700	1125	14,93	11,25	7,
MONOPLANOS	Bleriot XI	14	220	100	320	22,85	12,80	78	4
	R. E. P.	21	350	150	500	23,80	12,50	80	2,5
	Antoinette	35	450	300	750	21,43	15,	67	6
	Doble	40	100	400	660	20,15	10,66	94	6,6
	monoplano					A	B		c

El cuadro anterior demuestra claramente que en nuestros cálculos nos hemos colocado en las mejores condiciones para asegurar el vuelo, pues, por las columnas A y B del cuadro, se ve que hemos cargado menos kilogramos por metro cuadrado y también por caballo que los actuales voladores afamados; hemos previsto más fuerza por tonelada total levantada, para facilitar la salida de malos terrenos; no hemos pretendido, pues, mejorar los coeficientes actuales sino mantenernos al contrario dentro las buenas condiciones de vuelo bien experimentadas. En cambio, dentro de esto, la columna C nos dice claramente que obtenemos siempre un peso útil superior á los demás, y esto es sencillamente porque el acoplamiento reduce enormemente las dimensiones y como consecuencia el peso muerto, ya que en un aparato doble, el mismo armazón y aterrisaje lleva doble velamen resultando un conjunto de menos peso á potencia igual.

Los tandems que se han construido puede decirse que todos han volado, y si no han tenido más éxito es, principalmente, porque han sido ensayados á ojo y sin técnica y por lo tanto mal ensayados; quizás por otra parte no eran muy apropiados para luchar en meetings ó carreras, pero es indudable que el aparato seguro de navegación aérea vendrá del acoplamiento de superficies; al aparato militar como al aeroplano verdaderamente útil, precisa quitarles todo rastro de acrobatismo.

ÍNDICE

	<u>Págs.</u>
Prólogo	7
I.—Fundamentos de la estabilidad	11
II.—El por qué del acoplamiento	17
III.—Estudio del acoplamiento fundamental	21
IV.—Cómo debe ser el aeroplano militar.	31
V.—Sistema constructivo	35
VI.—Descripción del aparato.	41
VII.—Cálculos de resistencia	49
VIII.—Cálculo del peso del aparato	53
IX.—Posición del centro de gravedad.	57
X.—Cálculo de la sustentación.	61
XI.—Equilibrio longitudinal.	65
XII.—Estabilidad transversal	81
XIII.—Maniobras auxiliares.	87
XIV.—Cálculo de la fuerza necesaria	93
XV.—Comprobación de la marcha en equilibrio	97
XVI.—Aparatos según el concurso francés de 1911	109

Librería de Feliu y Susanna. - Ronda S. Pedro, 36. - Barcelona

ROBERTO GRIMSHAW, Ingeniero

El Moderno Constructor Mecánico

Procedimientos y manipulaciones de general aplicación
en los talleres de Norte América

Traducción directa del Inglés por D. EMILIO LOZANO
Ingeniero Industrial

Un tomo de más de 320 págs. tamaño 16 × 22
c/m. con 222 grabados. — En rústica: 6
ptas.—Encuadernado, con relieves: 8 ptas.

Desde hace algún tiempo, la industria metalúrgica de Estados Unidos ocupa un lugar que algunos encuentran inquietante para la europea. A pesar de lo elevado de los salarios, puede, en bastantes casos, expender en nuestro continente sus productos mecánicos en mejores condiciones de economía que los fabricantes del país.

Además, en máquinas cuya capacidad no permitía esperarlas, hace piezas de tamaños excepcionales, y realiza operaciones especiales en aparatos cuyo destino era diferente en absoluto: fresa en el torno, la perforadora ó la acepilladora, etc., etc.—Por todas estas razones, nos ha parecido no ya útil, sino necesario, dar á conocer al público europeo los procedimientos especiales, los recursos empleados en América, y al efecto hemos traducido la obra americana más apreciada: el que la firma, ingeniero experimentado y autor de numerosos libros y artículos relacionados con esta importante rama de la industria, es hoy universalmente conocido.

Cómo se cubican las Maderas

por J. REBOLLEDO, ingeniero industrial

Esta moderna obra, primera en idioma español, contiene:

Más de doscientas tablas
con todos los cálculos hechos
para la cubicación de Maderas
redondas y cuadradas

Un tomo elegantemente encuadernado, 3 ptas.

MECÁNICA DE TALLER

Procedimientos y manipulaciones de general aplicación
en los talleres de Norte América

Traducción directa del inglés por
D. EMILIO LOZANO, Ing. Ind.

Un tomo de más de 320 págs., tamaño 16 × 22 c/m., con
593 grabados.—En rústica, 6 ptas.—Encuadernado con
relieves, 8 ptas.

Para dar una idea de lo que es este libro, complemento indispensable de «EL MODERNO CONSTRUCTOR MECANICO», lo mejor que podemos hacer es enumerar los capítulos que le componen, ya que, por conocer todo el mundo la maestría con que el ingeniero Grimshaw trata estas cuestiones, sobran los elogios.

I. Tornos. II. Accesorios de los tornos. III. Herramientas para el torno. IV. Campanas ó topes, mandriles y garras. V. Fresado. VI. Acepillado. VII. Perforado. VIII. Terrajas. IX. Afilado, rodaje. X. Medidas, calibres, compases, etc. XI. Alisadores. XII. Herramientas. XIII. Punzones y matrices. XIV. Transmisiones. XV. Engranajes. XVI. Lubricación. XVII. Temple del acero. XVIII. Fundición. XIX. Dibujo. XX. Bombas, prensas hidráulicas y aventadores. XXI. Procedimientos varios.

EMILIO LOZANO

Como se construye un Automóvil

Tratado práctico de automovilismo

Como todos los que componen esta Biblioteca, la presente obra, cuyas cinco partes tratan respectivamente de los **automóviles en general**, los **automóviles de petróleo**, los **automóviles eléctricos**, los **automóviles de vapor** y los **automóviles mixtos (potróleo-eléctricos)**, es un tratado esencialmente práctico. Los dos tomos que le componen, y que ilustran más de doscientos grabados, encierran todo lo que hace referencia al cálculo y construcción de los elementos que comprenden los coches automóviles, así como el montaje de los mismos.

Forman dos tomos de 200 paginas elegantemente
encuadrados. Precio de cada tomo. . 3 ptas.

TRATADO PRACTICO

DE

FUNDICIÓN Y MODELADO

(COMO SE FUNDEN LOS METALES)

por **Don Emilio Lozano**, *Ingeniero Industrial*

Ilustrado con más de 100 grabados

Esta obra, la más recientemente publicada en idioma español, es útil é indispensable á todos los que se dedican á la fundición de los metales. Además de detallar los modernos y prácticos procedimientos de fundir y modelar, contiene un APENDICE de cálculos y tablas de contracción y fusión de los metales.

Un tomo elegantemente encuadernado, 3 ptas.

Cómo se hacen las

Aleaciones metálicas

por **I. J. BROCA**, *PERITO QUÍMICO*

Este libro está dividido en dos partes. En la primera el autor estudia las aleaciones en general, su formación y sus propiedades. En la segunda explica la manera de obtener las principales aleaciones usadas en las artes y en la industria, dando numerosísimas fórmulas.

Un tomo elegantemente encuadernado, 3 ptas.

Cómo se hacen y emplean

LOS COLORES

por **Don Eduardo de Miquel**, *perito químico*

Este tratado práctico de los colores es la primera obra de este género que se ha publicado en España. Es inútil ponderar la inmensa importancia que tiene la misma para los que se dedican al arte del colorido y al empleo de los colores.

Un tomo elegantemente encuadernado, 3 ptas.

A. G. Seavy.—R. Grimshaw.—Ings.

Manual Práctico del Tornero Mecánico

Tratado escrito en presencia de las mejores obras consagradas al

Torneado y roscado de los Metales

*Forma un elegante tomo ilustrado
con 135 grabados*

Encuadernado rústica. 4 ptas
» en tela inglesa. 5 ptas.

ÍNDICE DE MATERIAS

1.ª Parte: De las principales voces técnicas empleadas en el arte del tornero.—**2.ª Parte:** Del torno y sus aplicaciones: Tipos de torno. Herramientas; etc., etc. **3.ª Parte:** Del cálculo de las ruedas para el roscado; Tablas de comprobación para el roscado con cuatro ruedas; Tablas para roscar á diferentes diámetros; etc., etc.—**4.ª Parte:** De las aplicaciones prácticas del torno en América.

H. T. BROWN, *Ingeniero*

TRATADO PRÁCTICO DE MECÁNICA

ILUSTRADO CON

677 movimientos mecánicos

PRIMERA VERSION ESPAÑOLA

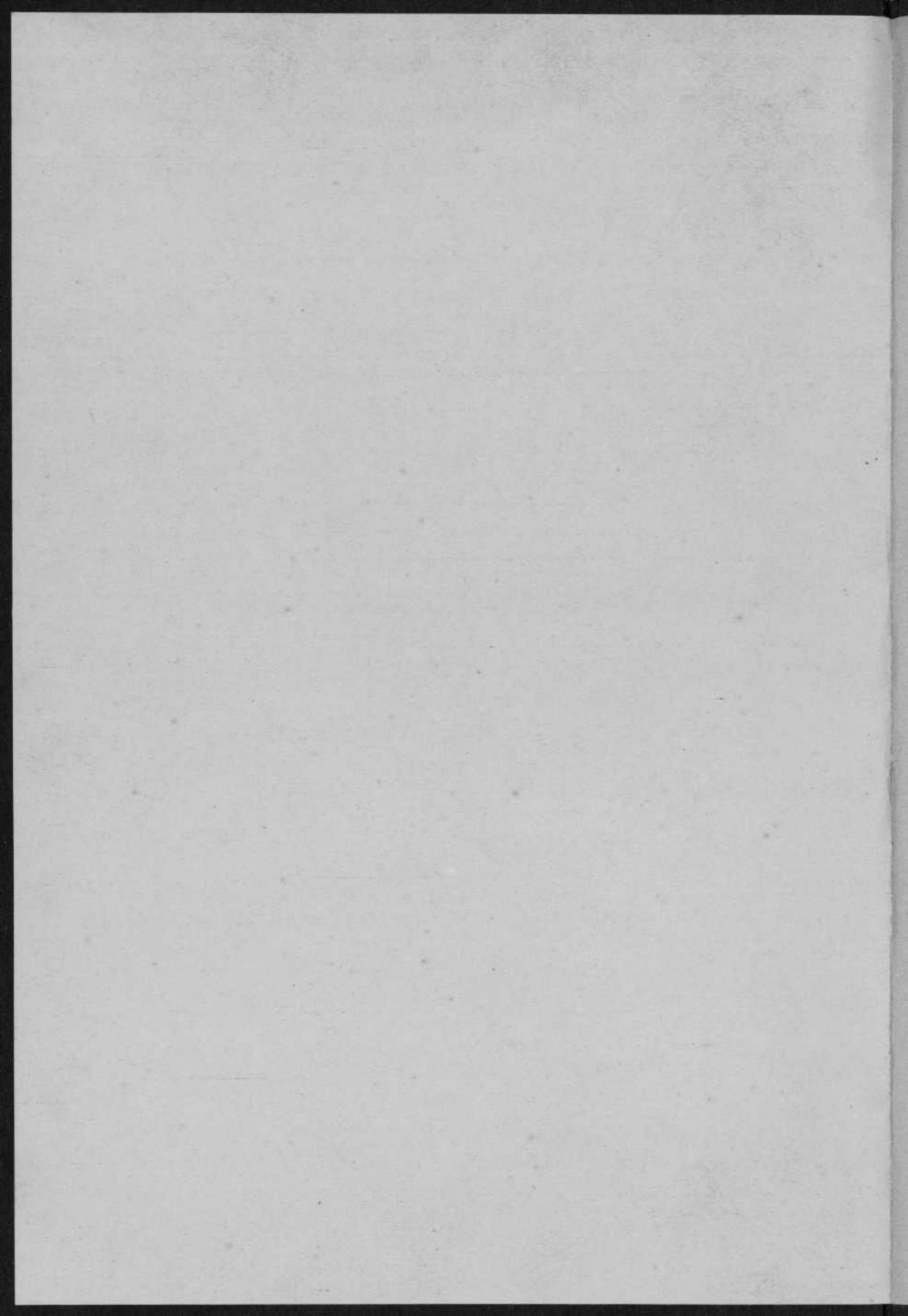
por **D. EMILIO LOZANO**, *Ing. Ind.*

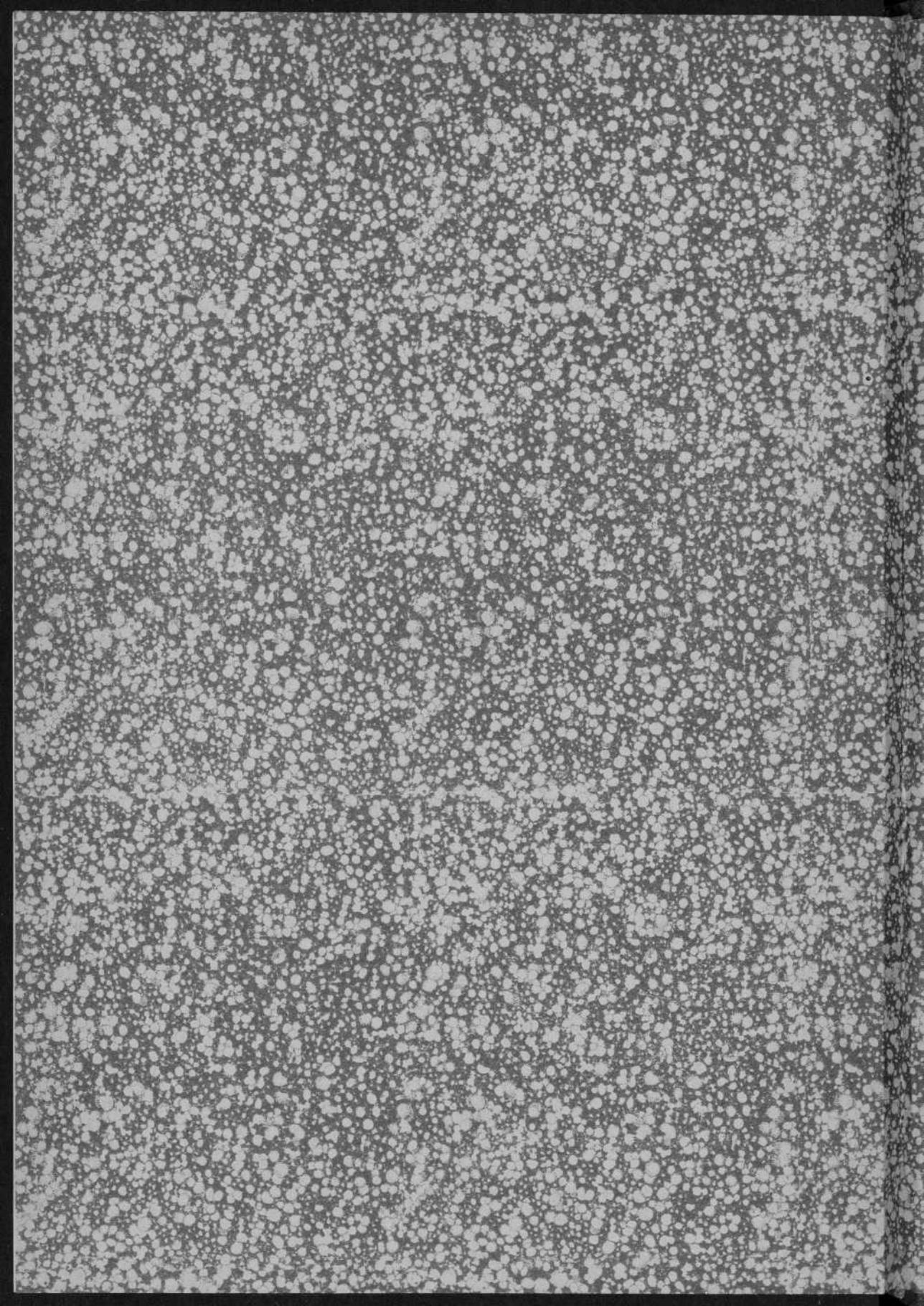
Forma un elegante volumen de cerca 400 páginas, ilustrado con 677 figuras.

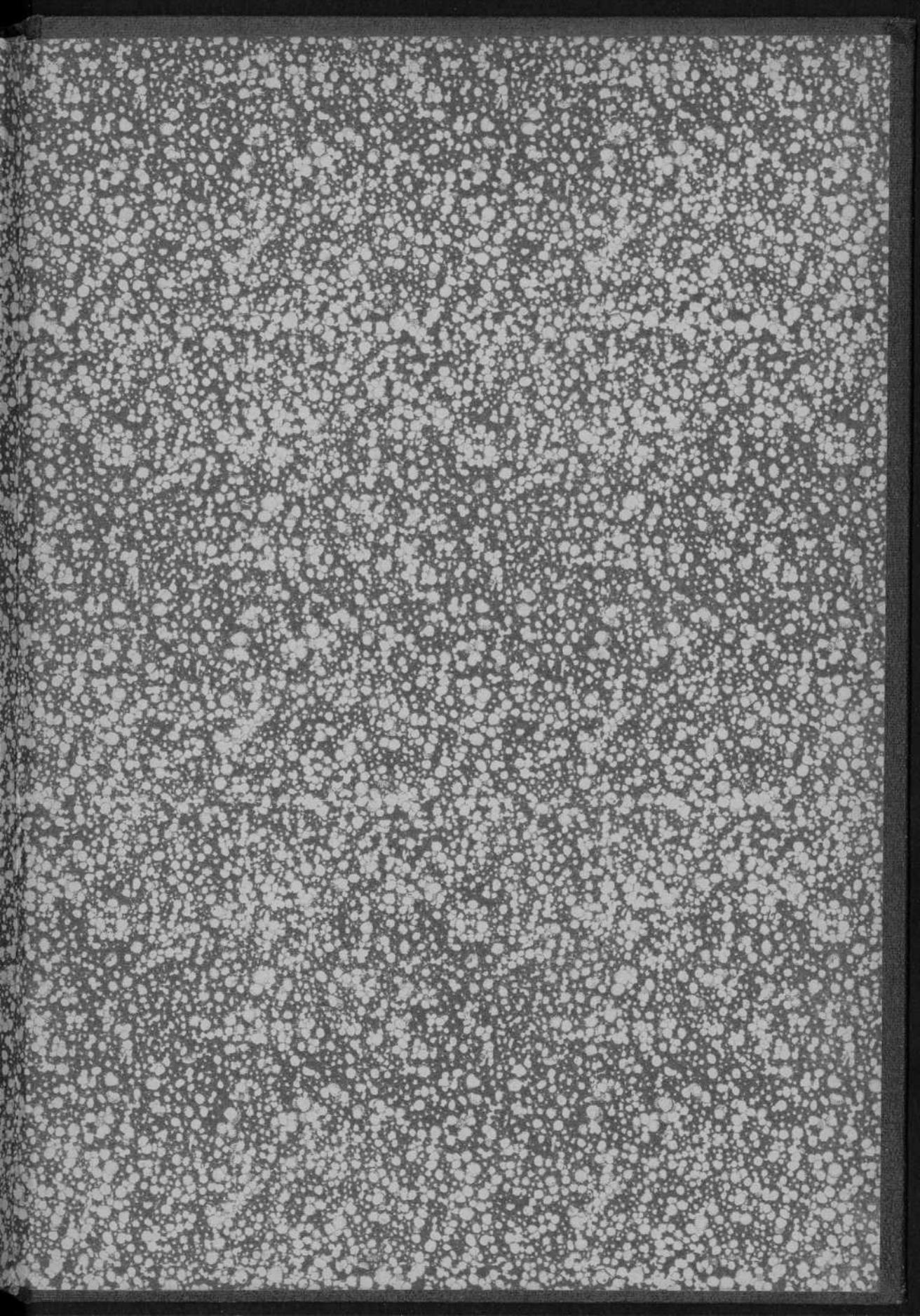
Encuadernado rústica con cubierta pergamino. . . 5 ptas.
» en tela inglesa. 6 »

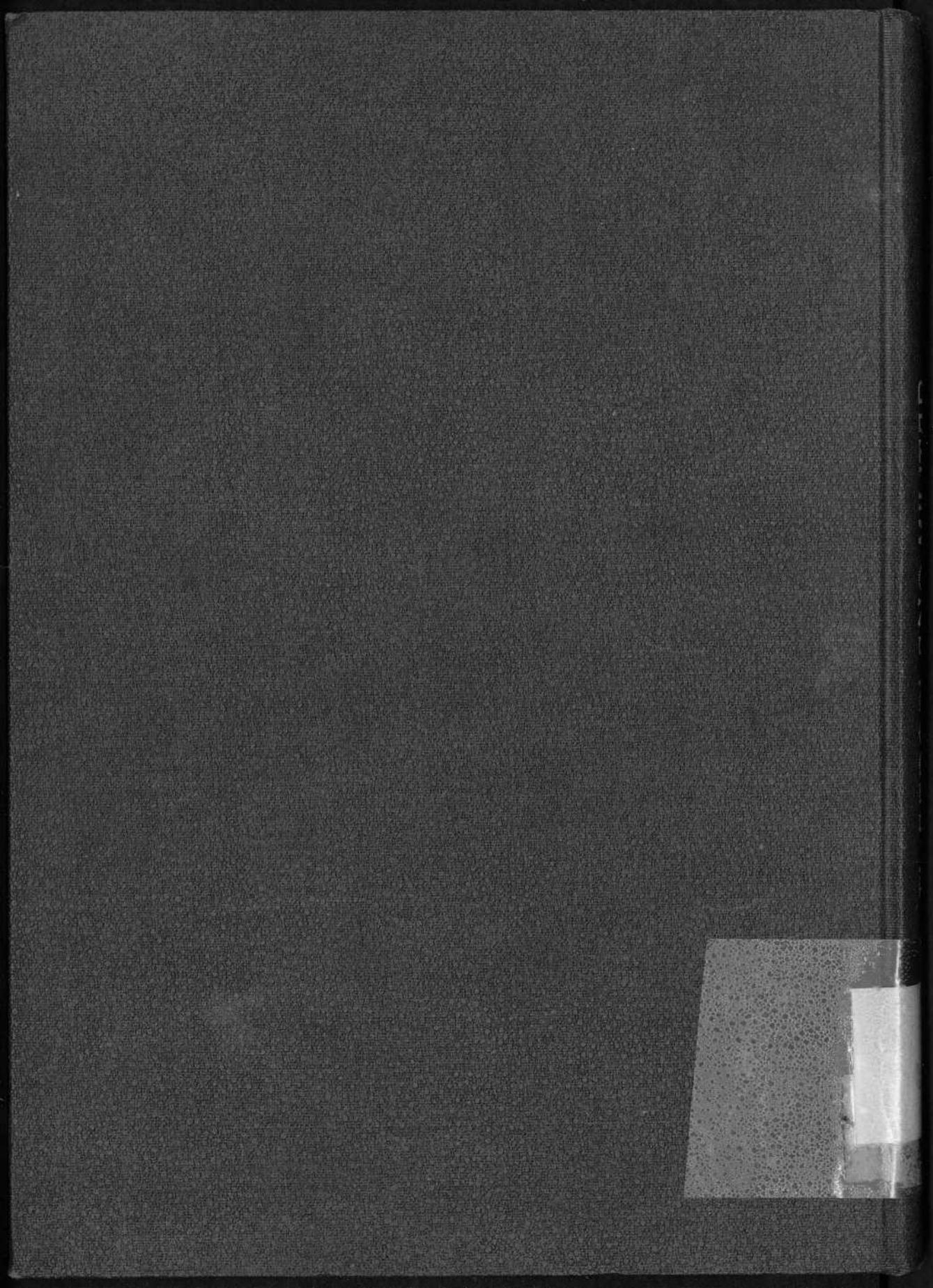
Hasta la fecha se había sentido en España y en todos los países que usan nuestro idioma la necesidad de poseer una colección comprensible de dibujos y descripciones en la que pudiese el inventor, el industrial y el artesano aplicar el adecuado movimiento á sus aparatos industria ó arte.

Es el nuestro, pues, un libro práctico, al alcance de todas las inteligencias y el único en su clase publicado hasta la fecha en idioma español.









222354

MEMORIAL MARR