



ALGO SOBRE ESTRATONÁUTICA

Por el Teniente GARCIA MIRANDA

Segundo premio del Concurso de artículos.

I

Hace pocos años, muy pocos, se hubiera tenido por loco, o al menos por un individuo imaginativo, a quien hubiera intentado defender la posibilidad de existencia de la electricidad, de los motores de explosión, de las máquinas de vapor, del teléfono, de la radio, de los rayos Roentgen, de los cables interoceánicos, etc. Igualmente quizá no hubiera sido mejor considerado el que hubiera querido hablar de la navegación aérea o submarina; mas sin embargo, a despecho de tímidos y superrealistas, paso a paso, con más o menos balbuceos, pero siempre a base de jalones firmes e incommovibles, la ciencia fué adquiriendo la suficiente madurez como para poder realizar y poner a nuestro alcance de una manera espléndida todos los progresos y adelantos de la presente civilización.

Hoy vamos a tratar de una cuestión que bajo ciertos aspectos puede parecer que está entre los límites de la realidad y los de una calenturienta imaginación; pero si tenemos en cuenta que por muy audaces que sean los proyectos del hombre, en mil ocasiones la consecución acabada de éstos desborda las suposiciones más optimistas, es muy aventurado acotar o limitar previamente las posibilidades de adquisición de la ciencia en el futuro, o afirmar rotundamente que esto o lo otro no entrará a formar parte en un mañana próximo del caudal de conocimientos del que entonces nosotros o nuestros sucesores nos podamos servir. Para Dios nada hay imposible, y con la ayuda de El confiamos que dentro de diez siglos, pongamos por ejemplo, los habitantes de nuestro planeta se podrán permitir, sin vanidad, considerar a nuestro estado actual de civilización como rudimentario, si bien forzosamente precursor del que ellos disfruten.

Desde que Otto Lilienthal dió su primer salto, hasta los modernos aviones que surcan la atmósfera en la actualidad, el progreso que la Aviación ha experimentado es realmente considerable; pero no podemos afirmar que estemos en el período

definitivo de su desarrollo, en el que hayamos conseguido el máximo de perfeccionamientos para ella, o que las posibilidades de evolución estén agotadas. Muy al contrario, todos los días quedamos asombrados con el último detalle de construcción que orgullosamente ostentan los nuevos aviones salidos de fábrica, fruto de paciente y callada labor y concienzudos estudios que cientos y cientos de técnicos realizan tenazmente y sin desmayo en las cinco partes del mundo.

II

El sobrio afán de conseguir ventajas aeronáuticas nos empuja a alturas cada vez mayores. En la actualidad, la navegación aérea se desarrolla en la baja atmósfera o "troposfera", donde existen, se forman y se propagan toda la serie de fenómenos meteorológicos origen de variados y grandes inconvenientes que impiden una amplia utilización de la Aviación o disminuyen su rendimiento, dificultando o haciendo prohibitivo a veces la realización de vuelos por el peligro o inseguridad que supone la formación de hielo, ciertas clases de nubes, el granizo, las turbonadas, la lluvia torrencial, los huracanes, etcétera, etcétera; fenómenos meteorológicos que tienen como principal origen la irregular calefacción transmitida a la masa aérea por la superficie de la tierra, y a la humedad contenida en ciertas capas del aire procedentes de la corteza terrestre o de los mares.

La troposfera, con todos sus inconvenientes, acaba a los 12.000 metros aproximadamente de altura, y a partir de este límite se encuentra otra capa de aire, la "estratosfera", donde no llegan las influencias perturbadoras de la superficie de la tierra; el aire en ella está seco y puro, la temperatura es constante, y los movimientos de la masa gaseosa que la constituyen son tranquilos, horizontales y regulares, por lo que en ella la navegación estaría libre de todos los inconvenientes originados por los fenómenos meteorológicos de la troposfera.

Por otra parte, siendo la densidad del aire inversamente proporcional a la altura, y siendo la velocidad obtenida en el aire inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la densidad; siendo la fuerza de propulsión constante, se deduce fácilmente que en igualdad de condiciones se han de obtener velocidades mucho mayores volando en la estratosfera que si lo hiciésemos en la troposfera.

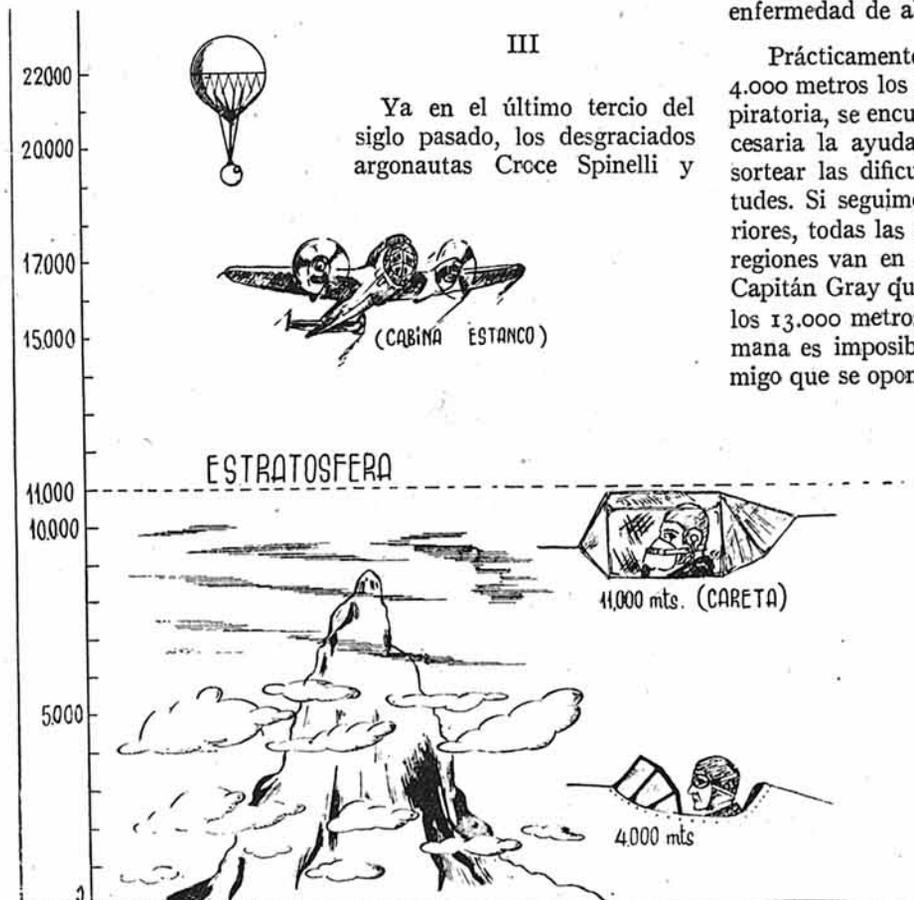
Si miramos las ventajas que nos proporciona la navegación estratosférica bajo un punto de vista bélico, comprenderemos lo fácil que serían las incursiones sobre países enemigos y el sorteamiento de la caza adversaria en virtud de la gran velocidad y altura conseguida, así como las indudables ventajas de un bombardeo estratosférico, que sin restar precisión a los impactos resultan asegurados muy aceptablemente contra la D. C. A. enemiga.

Y es suficiente ya esta somera enumeración de las ventajas de la navegación y utilización de la Aviación en la estratosfera para que se pregunte el motivo por el cual aún no es una realidad tangible la *Estratonáutica*.

Sin otro motivo que por el de rendir un justificado culto al orden y por el deseo de procurar una claridad de imágenes, sin la cual no nos sería posible progresar en esta ligera exposición, podemos considerar en el estudio de la estratonáutica los tres factores siguientes:

- a) Factor medio ambiente.
- b) Factor hombre.
- c) Factor avión.

Consideremos, pues, por separado cada uno de ellos, y comencemos por el primero.



Silvel inician la lista de los caídos en la lucha por las alturas etéreas, a los que rápidamente siguen nuevas víctimas que pagan con sus vidas el atrevimiento de pretender llegar a aquellas solitarias regiones.

De todos es conocido que en la troposfera la composición de la atmósfera, cuantitativa y cualitativamente, es perfectamente determinada y que esta composición es la que permite que la vida animal y vegetal se desarrolle en la superficie de la tierra. Conforme nos elevamos en la masa gaseosa observamos que la composición intrínseca varía, que la presión, humedad y temperatura cambian y que la densidad, y en general todas aquellas constantes de orden físico, químico o físico-químico que queramos considerar, están profundamente alteradas. La Medicina aeronáutica conoce perfectamente estas alteraciones y las influencias patológicas que sobre el organismo humano pueden producir, consiguiendo con el análisis de las variaciones atmosféricas con la altura las condiciones previas para la conquista de la estratosfera. En estrecho contacto con los técnicos, los médicos aeronáuticos idearon y construyeron para el estudio de estas condiciones una cámara neumática, una poderosa cámara de acero con gruesas ventanas y puertas fuertemente acorazadas, donde toman asiento el piloto y el médico para elevarse a una altura ficticia. Lentamente se hacen variar las características de la atmósfera interior de la cámara, y el hipsómetro, cuyas medidas dependen de la densidad del aire, señala una altura cada vez mayor. El piloto que está expuesto a la atmósfera de la cámara, poco a poco resulta afectado por las modificaciones que en ella se introducen, y de esta manera el médico, que respira provisto de una careta, puede observar perfectamente los resultados. De esta manera se reconocieron y estudiaron, gracias al mérito del profesor Strugholt, las fases de la llamada enfermedad de altura.

Prácticamente asimismo se comprueba que a partir de los 4.000 metros los procesos vitales, sobre todo los de índole respiratoria, se encuentran notablemente entorpecidos, siendo necesaria la ayuda de recursos técnicos para poder conseguir sortear las dificultades que se oponen a la vida a estas altitudes. Si seguimos elevándonos y conseguimos alturas superiores, todas las dificultades a la presencia de la vida en esas regiones van en aumento, siendo el famoso piloto americano Capitán Gray quien, al hallar la muerte forzando con su avión los 13.000 metros, nos enseña que a estas alturas la vida humana es imposible y que la muerte es el irreconciliable enemigo que se opone a todas las ventajas de navegación y aprovechamiento que más arriba hemos señalado para la estratonáutica.

Si la atmósfera a estas alturas no es viable, es necesario entonces llevar hacia lo alto la atmósfera que reina en la tierra. Hay que conseguir, pues, que el piloto pueda vivir en condiciones análogas a las que se dan en alturas inferiores. Por dos procedimientos podemos conseguir esto: a), por el de un traje especial, a manera de escafandra, que individualmente lo aisle, por decirlo así, del medio en que se encuentra y que le proporcione otro apto para su vida, o b), por medio de una cabina estanca, herméticamente cerrada, acoraza-

da y aislada totalmente del exterior, que proporcione a la tripulación que en ella va instalada un ambiente indispensable para vivir.

Estos son los caminos por los que fué posible conseguir los fantásticos "récorde" de altura, que hoy día, en globo libre, llegan a los 22.000 metros, y que en avión se lograron establecer en 16.000 metros de altura. Cabinas herméticamente cerradas o escafandras especiales son, pues, en cierto modo, la coraza que no puede atravesar la muerte de altura. Con su ayuda, la Técnica, si bien no puede anular las leyes naturales, sí, en cambio, consigue esquivarlas. Vemos, por tanto, que al factor medio ambiente, a primera vista infranqueable, podemos ya sobreponernos actualmente.

IV

El otro factor que hemos de considerar a continuación para el análisis de las posibilidades del vuelo estratosférico es el factor hombre; es decir, vamos a fijarnos ligeramente en su rendimiento, reacciones y desenvolvimiento en esta modalidad especial de vuelo.

Hemos dejado previamente establecida la necesidad ineludible de conseguir por medio de indumentarias o cabinas apropiadas una atmósfera análoga a la que en las proximidades de la superficie terrestre disfrutamos para poder lograr el desenvolvimiento de la vida en las regiones estratosféricas, por lo cual la cuestión queda notablemente simplificada. Si nosotros conseguimos colocar a toda una tripulación a 20.000 metros sumergida en una atmósfera perfectamente viable, no hay fundados motivos para suponer que esta tripulación no se comportase exactamente igual a como lo haría de encontrarse a nivel del mar. Sin embargo, hemos de considerar un detalle importantísimo, que es la relación y la influencia que sobre esta hipotética tripulación tendrían las altas velocidades estratosféricas. Más arriba hemos señalado el que una de las grandes ventajas que nos proporcionaría la estratonáutica serían las grandes velocidades que fácilmente conseguiríamos, velocidades que darían origen, al producirse cambios de dirección, a fuertes aceleraciones que influirían nocivamente sobre el organismo humano. Es decir, se nos plantea inmediatamente el problema de saber si las velocidades estratosféricas serían compatibles con el piloto. A esta interrogante hemos de contestar afirmando que el individuo siempre sería capaz de resistir este influjo desorganizador; además de que por ser la velocidad estratonáutica regulable, de igual forma que si se tratase de una navegación a más baja cota, estando, por tanto, siempre en condiciones de controlarla y mantenerla en un justo límite, el umbral patológico, por decirlo así, a la velocidad está situado para el hombre en una elevada cima, ya que según el doctor Flamme, recordando los experimentos hechos con el barestesiógrafo (pruebas de Luideman y Seable, etc.), se pueden alcanzar velocidades uniformes, de intensidad igual a 3.000 kilómetros por hora, sin trastornos importantes, y según Withnam asegura, se podría, previo gradual adiestramiento físico, soportar la velocidad de 10.000 kilómetros por hora, si la alcanzásemos, previa transición muy lenta y gradual.

V

Y llegamos a la parte más interesante de la cuestión, es decir, a la consideración de las condiciones y características que ha de reunir nuestro supuesto avión estratosférico, o es-

tratonave, como pudiéramos llamarlo. Reclama inmediatamente nuestra atención lo referente al sistema motopropulsor de que ha de ir dotado, por lo cual nos ocuparemos en primer lugar de este punto. Hemos dicho hace un momento que a igualdad de fuerza de propulsión y permaneciendo ésta constante, siendo la densidad del aire inversamente proporcional a la altura y siendo la velocidad obtenida en el aire inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la densidad, se deduce fácilmente la consecuencia de que la velocidad es tanto mayor cuanto mayor sea la altura a que se vuela. Voy a permitirme señalar e insistir sobre que sólo es cierto lo antedicho para el caso en que la propulsión sea constante. Esto nos lleva a la necesidad de buscar un medio motopropulsor que nos proporcione esta condición imprescindible y que no varíe, por tanto, con la altura a la que se le obligue a dar su rendimiento.

Consideremos por separado cada uno de los diferentes medios de propulsión que hipotéticamente podemos emplear, y los clasificaremos previamente en:

- a) Propulsores de combustión, o motores corrientes empleados en Aviación.
- b) Motores eléctricos o de explosivo.
- c) Propulsores de reacción.

Habitualmente en Aviación empleamos motores de combustión, en los cuales su potencia decrece con la altura proporcionalmente a la presión atmosférica, por lo que su rendimiento en vuelo varía radicalmente.

Para facilitar el cálculo, supongamos que en lugar de decrecer la potencia con relación a la presión atmosférica lo hace respecto a la densidad del aire, suponiendo constante la temperatura entonces, teniendo que:

G = peso del aparato.

s = superficie.

β = rendimiento aerodinámico, igual a la relación K_x/K_z entre los coeficientes de sustentación y de resistencia al avance, considerándolos a nivel del mar, y siendo para el ángulo de ataque correspondiente a la altura Z igual a K'_x/K'_z , y llamándolo entonces β' .

δ = a densidad del aire a esta altura con relación a la de nivel del mar.

V_o = velocidad a nivel del mar.

V = velocidad altura Z .

Tendríamos que $G = K_x \cdot s \cdot V_o^2 = K'_x \cdot \delta \cdot s \cdot V^2$.

P = potencia constante del propulsor que deseamos y H el rendimiento mecánico del propulsor, tendríamos que:

$$P = \frac{1}{H} K_x \cdot s \cdot V_o^3 \quad \text{..} \quad \delta P = \frac{1}{H} \cdot K'_x \cdot \delta \cdot s \cdot V^3;$$

o lo que es lo mismo,

$$\frac{HP}{G} = \frac{K_x}{K_z} \cdot V_o = \frac{1}{\delta} \cdot \frac{K'_x}{K'_z} \cdot V;$$

luego

$$V = \delta \frac{\beta'}{\beta} V_o;$$

y por tanto, con este medio de propulsión la velocidad decrece al aumentar la altura, no sólo proporcionalmente al rendimiento aerodinámico, sino a la densidad del aire ambiente. Bien es verdad que por medio del empleo de la sobrealimentación podría evitarse en algo la disminución de potencia que sufren los motores de combustión en relación a la densidad del aire ambiente. Mas hemos de tener en cuenta que los compresores que proporcionarían al carburador el aire en condiciones de presión análogas a las que tiene a nivel del mar, absorben una parte de la potencia del motor, fácilmente calculable, y equivalente a un quinto de su potencia, en el supuesto teórico de compresión perfectamente isotérmica y con compresor de rendimiento mecánico igual a la unidad; condiciones irrealizables en la práctica, resultando que la potencia realmente absorbida por la compresión alcanza a valores muchísimo más elevados. Vemos por ello que los motores de combustión no nos pueden resolver el problema de propulsión estratonáutica.

Si el motor fuera eléctrico o de explosivo, esto es, de potencia constante, independiente de la densidad del aire en que se navegue, teniendo en cuenta la notación anterior, tendríamos que:

$$G = K_z \cdot S \cdot V_o^2 = K'_z \cdot \delta \cdot S \cdot V^2,$$

$$P = \frac{1}{H} K_x \cdot S \cdot V_o^3 = \frac{1}{H} \cdot K'_x \cdot \delta \cdot S \cdot V^3;$$

y dividiendo la segunda por la primera,

$$\frac{HP}{G} = \frac{K_x}{K_z} \cdot V_o = \frac{K'_x}{K'_z} \cdot V;$$

o sea que

$$V = \frac{\beta'}{\beta} V_o;$$

luego la velocidad variará con el rendimiento aerodinámico correspondiente al ángulo de ataque con que se vuela en cada altura; y como aquél disminuirá generalmente con la densidad del aire, por tener que volar con el avión más encabritado, la velocidad será menor a las grandes alturas que a nivel del mar. Vemos, por tanto, que tampoco los motores eléctricos o de explosivo nos resuelven la cuestión de propulsión estratonáutica.

Veamos, por último, las características de los propulsores de reacción.

Un propulsor de reacción o reactor consiste esencialmente en una cámara que contiene un fluido a presión, y que está cerrada por todos lados, excepto por un orificio que deja salida libre al exterior. Las presiones que el fluido contenido ejerce sobre las paredes del depósito se equilibrarían entre sí si el recipiente estuviera cerrado; pero desde el momento en que hay un orificio abierto, la presión sobre la superficie de su sección falta, el equilibrio deja de existir y el depósito queda impulsado en sentido contrario a la salida del fluido por una fuerza que es independiente del estado de movimiento o reposo del depósito, y sólo de la sección libre el orificio y de la presión interior del fluido.

Tenemos así un propulsor que difiere de todos los que

hemos estudiado en que la propulsión es independiente de la velocidad, y por tanto su potencia propulsora aumenta indefinidamente al mismo tiempo que aumenta la velocidad de traslación.

Siendo R la propulsión constante del propulsor de reacción, y ateniéndonos a la notación establecida más arriba, tendríamos que:

$$G = K_z \cdot S \cdot V_o^2 = K'_z \cdot \delta \cdot S \cdot V^2 \quad \text{,,} \quad R = K_x \cdot S \cdot V_o^3 = K'_x \cdot S \cdot \delta \cdot V^3;$$

pero siendo

$$R = \frac{G}{\beta} \quad \text{y} \quad \beta = K_z/K_x,$$

resulta que

$$K'_z = K_z \quad \text{,,} \quad K'_x = K_x$$

y

$$V = V_o/\sqrt{\delta};$$

o sea, que en este caso de propulsión constante el vuelo se hará con igual ángulo de ataque a cualquier altura, y la velocidad será inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la densidad del aire; o sea, aumentando con la altura.

Este es, pues, como vemos, el único caso en el que podemos conseguir una propulsión constante y, por tanto, resolvemos satisfactoriamente este problema estratonáutico. La forma más sencilla y conocida de los propulsores de reacción son los cohetes, que por diversas razones hasta la actualidad no se han aplicado a la Aviación. La aerotecnia italiana, inspirada por el ingeniero Campini, hace poco más de un año logró realizar un avión que, sin hélice y utilizando un propulsor de reacción, fué sometido a toda una serie de pruebas, con previa y rigurosa inspección técnica, de las que salió con franco éxito, lo que nos hace suponer que en un futuro muy próximo, y después de los necesarios perfeccionamientos, que como en todo nuevo medio son de esperar, estos propulsores adquirirán un incremento muy considerable, no siendo difícil que sea éste el primer paso a dar para la conquista de la estratosfera.

Si consideramos en conjunto ahora las posibilidades que tanto unos como otros medios de propulsión pueden proporcionarnos, y si llamamos P' a la potencia efectiva del motor a pleno régimen, marchando a la altura Z , en que la densidad del aire sigue siendo δ , y H' el rendimiento del compresor, suponiendo que utilizamos motores de combustión de los que en este momento tenemos a nuestra disposición, las ecuaciones del vuelo en la estratosfera serían las siguientes:

A nivel del mar se tendrá:

$$G = K_z \cdot S \cdot V_o^2 \quad \text{,,} \quad HP = K_x \cdot S \cdot V_o^3 \quad \text{,,} \quad R = K_x \cdot S \cdot V_o^3.$$

Y a la altura Z ,

$$G = K_z \cdot \delta \cdot S \cdot V^2 \quad \text{,,} \quad R = K_x \cdot \delta \cdot S \cdot V^3,$$

$$HP' \left(1 - \frac{16}{135 H'} \left[\log \operatorname{nep} \frac{1}{\delta} + \delta - 1 \right] \right) = K_x \cdot \delta \cdot S \cdot V^3.$$

De donde se deduce

$$V = \frac{V_0}{\sqrt{\delta}} \quad \text{..} \quad P' = \frac{P}{\sqrt{\delta} \left(1 - \frac{16}{135 H'} \left[\log \operatorname{nep} \frac{1}{\delta} + \delta - 1 \right] \right)}$$

Si aplicamos estas fórmulas al vuelo a 12.000 metros de altura, se tiene, dando a H' el valor de 0,5,

$$V = 2 V_0 \quad \text{..} \quad P' = 2,36 P.$$

Y si se calcula para 20.000 metros, resulta que

$$V = 3,74 V_0 \quad \text{..} \quad P' = 6,23 P.$$

Es decir, que un avión que a nivel del mar alcance 200 kilómetros por hora con un motor de 400 caballos, volaría a una altura de 20 kilómetros con igual ángulo de ataque y sufriendo los mismos esfuerzos, alcanzando 748 kilómetros por hora de velocidad; pero para ello necesitaría un motor de 2.492 caballos, provisto de compresor. Si el motor fuera eléctrico o de explosivo, bastaría con que su potencia fuera de 1.496 caballos, y si el avión estuviera impulsado por propulsión de reacción, podría utilizarse el mismo que le permitiera el vuelo a nivel del mar, obteniéndose en las grandes alturas la ganancia de velocidad calculada; o sea, suponiendo $H = 0,7$ de 378 kilogramos, su propulsión constante sería de

$$\frac{400}{200} 75 \cdot 3,6 H.$$

VI

Veamos, con arreglo a lo anterior, las condiciones que debe reunir en sí el avión para ser apto al vuelo estratonáutico. La célula sustentadora, con la cola y órganos de estabilidad y mando, o sea lo que constituye el núcleo del aparato, no debe presentar diferencias esenciales con relación a los aviones corrientes, puesto que cada una de sus partes está sometida a esfuerzos análogos; sólo que en el vuelo bajo estos esfuerzos están originados por el viento de la marcha, con aire de poca velocidad y gran densidad, y en la estratosfera, de pequeña densidad, pero de gran velocidad. En las grandes alturas estratosféricas la rarefacción del aire alcanzará un grado tal, que la ley del seno cuadrado de Newton, errónea en las capas bajas, será aplicable, y al mismo tiempo las velocidades que se obtendrán excederán a la del sonido, que en la estratosfera, a 60° bajo cero, es sólo de 285 metros por segundo, por ser proporcional a la temperatura absoluta. Por este motivo la onda frontal ha de tener más importancia en la resistencia al avance que la formación de turbulencias, y los perfiles de las alas para el vuelo a estas alturas habrán de ser casi planos, de muy poco espesor y con el borde de ataque muy afilado. Las maniobras a estas alturas se harán con igual esfuerzo que a nivel del mar, pero resultarán todos los viajes con mayor radio, siendo éste inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la densidad del aire. En efecto, un golpe de timón de igual amplitud someterá al avión a igual par en cualquier altura que vuele, si la propulsión es la misma, y como el momento de inercia permanece constante, la aceleración angular también lo será, y el viraje se realizará en igual tiempo; pero siendo la velocidad lineal inversamente proporcional a la raíz cuadra-

da de la densidad, el radio del viraje variará en análoga proporción.

La inclinación transversal durante el viraje, que es igual a la relación entre la fuerza centrífuga y el peso, aumentará también con la altura en igual proporción que la velocidad, puesto que ésta es inversamente proporcional a la densidad y el radio lo es también, pero a la raíz cuadrada. La variación de la gravedad con la altura en la estratonáutica es insignificante, pues el aumento de 20 kilómetros en la distancia al centro de la tierra sólo disminuye el peso en seis gramos por mil.

VII

Después de estas ligeras consideraciones, vemos que la estratonáutica no sólo está dentro de los límites de la más ponderada realidad, sino que ya actualmente vislumbramos y podemos solucionar satisfactoriamente la mayoría de los problemas previos que hemos de resolver para el dominio de la estratosfera.

Como hemos visto, el problema más difícil de resolver es el de la propulsión; mas también hemos observado que, al menos teóricamente, los propulsores de reacción nos dan la solución apetecida fácilmente. Una de las particularidades que no quiero dejar de poner en relieve es la de que su rendimiento crece también ilimitadamente con la velocidad, pudiendo ser mayor que la unidad. En efecto, la potencia útil, o sea el producto de la propulsión (que como hemos visto es independiente de la velocidad) por la velocidad, crece con ésta, mientras que la potencia total gastada, que será la necesaria para mantener la presión, sería constante e independiente de la velocidad, por lo que es posible que la potencia útil, obtenida llegue a ser superior a la potencia total absorbida y el rendimiento mayor que uno.

Este resultado, aparentemente paradójico, se explica porque al aumentar la velocidad del depósito el fluido contenido en él adquiere energía cinética, que pierde al ser proyectado al exterior, por lo cual la energía total considerada en realidad no es sólo la empleada en el mantenimiento de la presión, sino también la cinética o fuerza viva adquirida por el fluido al trasladarse dentro del depósito. Para que la presión interior se mantenga a pesar del escape constante del fluido, es necesario que éste esté en producción continua, lo que se puede conseguir mediante los gases desprendidos por una reacción química.

Si el reactor funcionara en el vacío y libre de la acción de toda fuerza exterior, el cálculo de su movimiento sería sencillo, la cantidad de movimiento de los gases proyectados al exterior nos determinaría la impulsión recibida por el depósito, la potencia calorífica de la reacción equivaldría a la energía cinética o fuerza viva adquirida por los gases por unidad de tiempo, más el calor que conservaran y el perdido por radiación; pero al funcionar el reactor en la atmósfera los gases proyectados arrastran consigo una masa de aire exterior, porque si la substancia química empleada es un combustible y no un explosivo, quedará incrementada con la cantidad de aire necesaria para la combustión, y además el movimiento del depósito reactor no será libre, sino que estará sometido a la resistencia del aire y a la acción de la gravedad.

En un propulsor de reacción por combustión la materia proyectada está integrada por dos partes distintas: la del com-

bustible quemado que iba a bordo y la del aire tomado del ambiente y expulsado, formando parte de los gases producto de la combustión.

Siendo V la velocidad del avión, W la de proyección de los gases quemados con relación al aparato, M la masa de combustible quemada por unidad de tiempo, M' la del aire necesario para la combustión de M , y R la reacción obtenida, el teorema de las cantidades de movimiento nos dará:

$$R = (M + M') \cdot W - M' \cdot V.$$

El trabajo desarrollado por la energía química del combustible será JMG por unidad de tiempo, siendo J la potencia calorífica del combustible por unidad de peso y G la aceleración de la gravedad. Este trabajo habrá de ser igual, como mínimo, a la fuerza viva de la materia proyectada

$$JMG = \frac{1}{2} (M + M') W^2 - \frac{1}{2} M' V^2;$$

y eliminando la velocidad W de proyección, se tendrá:

$$R = \sqrt{(M + M') (2 JMG + M' V^2)} - M' V.$$

La relación entre la fuerza de propulsión R y el peso MG de combustible consumido por unidad de tiempo será:

$$\frac{R}{MG} = \sqrt{\left(1 + \frac{M'}{M}\right) \left(2 \frac{J}{G} + \frac{M'}{M} \frac{V^2}{G}\right)} - \frac{M'}{M} \frac{V}{G}.$$

Para el caso del explosivo que no necesita para su combustión del aire ambiente, haríamos $M' = 0$, y encontraríamos la fórmula

$$\frac{R}{MG} = \sqrt{\frac{2J}{G}};$$

por lo que se ve, en este caso la relación entre la propulsión y el consumo (que tiene la dimensión de un tiempo) es independiente de la velocidad V del avión.

En el caso de intervenir el aire ambiente, la relación entre la propulsión y el consumo crece indefinidamente con la proporción de aire a combustible, y disminuye al aumentar V hasta un mínimo para un valor de

$$V = \sqrt{2G \cdot \frac{J}{G}},$$

deducido fácilmente de la ecuación anterior, igualando a cero la derivada de R/G con relación a V . Para este valor de V la relación R/MG toma el de

$$\sqrt{\frac{2J}{G}},$$

igual que en el caso de explosivos, independiente de la cantidad de aire que intervenga en la combustión.

VIII

Resumiendo brevemente todo lo que llevamos dicho, llegamos a la conclusión alentadora de que el análisis de la estratonáutica sobre los tres factores que en un principio considerábamos, o sea el factor medio ambiente, el factor hombre y el factor avión, nos pone de manifiesto que no hay ninguna dificultad invencible en nada de lo que a cada uno se refiere, variando solamente la intensidad de las dificultades a resolver, según proyectemos nuestra atención en diferentes aspectos particulares. Sin embargo, una futura técnica depurada al servicio de concepciones audaces, a no dudar, nos resolverán satisfactoria y plenamente este problema de la estratonáutica, que en la actualidad y con el desarrollo presente de nuestros conocimientos nos es, hoy por hoy, insoluble. Y es más: confiamos que el dominio de la estratonáutica será el primer paso obligado en la consecución para un futuro más lejano de las cuestiones relativas a la "astronáutica" o navegación extra-terrestre, que entre todas es la más sugestiva de las posibilidades latentes de la aeronáutica. Cuando este caso llegue, la navegación aeronáutica, para la que hoy bastan algunas sencillas fórmulas trigonométricas, se habrá transformado en un método de navegación, que exigirá el empleo de los más elevados recursos del análisis matemático.

