

# Aerotecnia

## UN ABACO UTIL

### Gráfico de Velocidades

Por José M. Aymat Mareca  
GENERAL DEL AIRE

La navegación a estima es la base de cualquier otro procedimiento de navegación aérea. De ahí la necesidad de determinar velocidad y dirección respecto al suelo, fácil de hacer con bastante precisión cuando, en tiempo claro, se cuenta con la observación del terreno, pero fundada en la instrumental al perderlo de vista, precisamente cuando, por ello, sube el interés de determinarlas con mayor precisión.

La dirección, consecuencia de la deriva, vendrá entonces dada, bien por el conocimiento que tengamos de la fuerza y dirección del viento, ya meteorológicamente, ya por la propia observación mientras veíamos aún el suelo, bien por marcaciones goniométricas; pero nada de esto nos da idea, y menos aún precisión, en la velocidad, consecuencia a su vez y en primer lugar de la velocidad propia referida al aire.

Esta viene, pues, dada por el anemómetro; pero sabido es que, supuesto comprobado para la densidad normal del aire a nivel del mar, o sea a presión de 760 mm. de mercurio y a 15° centígrados de temperatura, tiene que sufrir una corrección cuando varien estas hipotéticas presión y temperatura. Se suele indicar una corrección a la velocidad, que de memoria es bastante aproximada de un 5 por 100 por cada 1.000 metros de altura, hasta la de 3.000 a 4.000, y de un 6 por 100 hasta 7.000; pero esta regla, sobre producir errores del 2 por 100 y mayores a las máximas alturas de vuelo, no tiene en cuenta la temperatura, y ésta sí que influye en mayor cuantía en cuanto falle, y ello es frecuente, el doble supuesto de que la temperatura al nivel del mar sea de 15° y que disminuya a razón de 2° cada 300 metros, o más exactamente, uniformemente hasta los -50° a los 10.000. De tal modo, que cuando la temperatura aumente 20°, que no es ningún disparate, la velocidad debería aumentar en un 3 a 4 por 100, y estos errores pueden llegar a ser intolerables.

Tal variación pudiera tenerse en cuenta aplicando la corrección de variar la altura en el sentido de la temperatura: 100 metros por cada 5° de variación respecto a la temperatura tipo. Un ejemplo aclarará las

ideas: Supongamos 300 kms. de velocidad en anemómetro, una altura de 5.500 m. de altímetro y 10° bajo cero de temperatura. La temperatura tipo a esa altura debe ser  $2/3 \cdot 55 = 37^\circ$ , menor que los  $+15^\circ$ , o sean  $-22^\circ$ ; nuestros  $-10$  representan  $12^\circ$  de calor o unos 200 m. de altura; o sean, 5.700 m., al 6 por 100 por kilómetro, son 34 por 100, o sean 102 kms. de aumento. En resumen: 402 kms/h. de velocidad propia.

Los errores que origina una diferencia de presión

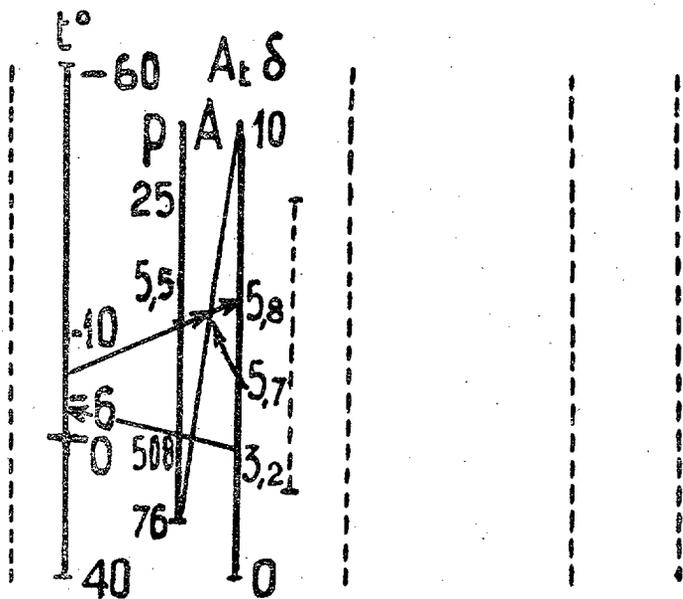


Figura 1

barométrica a nivel del suelo no importan, por ser menos trascendentes sus variaciones.

Esta cuenta no es difícil; pero siempre obliga, en



primer lugar, a recordar estos datos:  $-5^\circ = 100$  m.;  $1.000$  m.  $\approx 5$  por 100, y a un trabajo mental que nos va a ahorrar el gráfico de puntos alineados que damos a nuestros lectores en forma destacable, para poder llevarlo a bordo con los papeles del tripulante encargado de llevar la ruta.

Consta, en realidad, de cuatro abacos. El primero, constituido por las escalas de temperatura  $t^\circ$  y presión  $p$ , da sobre  $\delta$  la densidad del aire; si bien, como el valor de ésta no llega a interesar, se ha acotado con las alturas correspondientes a la atmósfera tipo antes definida. En forma suplementaria lleva la escala de  $At$ , que da la altura corregida por temperatura.

Alineando la temperatura observada, tomada en  $t^\circ$  (sean  $-10^\circ$ ), con la altura del altímetro, tomada sobre  $A$  (5.500), se obtienen a la vez, sobre  $\delta$ , la altura (5.800) con que corregiremos luego la velocidad, y sobre  $At$  la altura (5.700) corregida de temperatura.

Esto último conservando el supuesto de que el gradiente termométrico vertical siga siendo de  $-0,65$  por 100 metros de la atmósfera tipo y de que al partir hayamos puesto la aguja del altímetro en la altura del aeródromo.

Este mismo juego de escalas equivale a una tabla definidora de la atmósfera tipo, pues frente a las graduaciones de  $A$  se tienen las presiones en centímetros de mercurio, y alineando cotas iguales de las tres escalas  $\delta$ ,  $At$  y  $A$  se obtienen sobre  $t^\circ$  las temperaturas correspondientes; así vemos que a 3.200 metros corresponden  $p = 508$  mm., y  $t = -6^\circ$ .

Conviene modificar con lápiz fuerte las cotas de  $A$  cuando las alturas acusadas del altímetro se hubieren manifestado erróneas al contrastarlo en laboratorio. Caso de tener un altímetro graduado en pies, se modificaría de igual modo esta escala  $A$ .

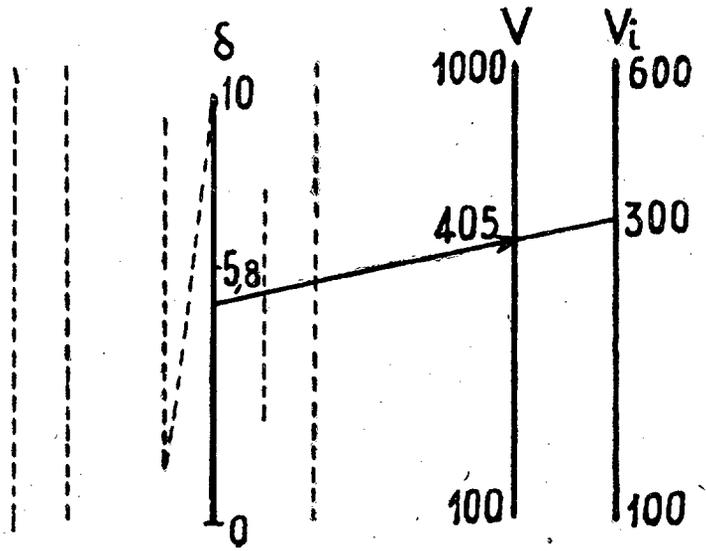


Figura 2

El segundo abaco está constituido por las escalas  $\delta$ , resultado de la operación anterior, y  $V_i$ , o velocidad del anemómetro, entre las cuales se encuentra alineada la velocidad propia  $V$ , corregida de densidad del aire. En el supuesto del ejemplo anterior y 300 kms. de indicador de velocidad, nos da 405.

Es de advertir que cuando no se conozca la temperatura, se toma sobre la escala  $\delta$  la altura que nos dé el altímetro, suponiendo la temperatura de la atmósfera tipo, o variándola en  $10^\circ$  en los meses de mayor calor o frío.

Aquí pudo terminar nuestro gráfico; pero con muy poco más, aprovechando el que su escala es logarítmica, resolvemos el triángulo de velocidades y los problemas del movimiento uniforme. Para lo primero está la escala doble  $d, \alpha$ , de derivas y ángulos de viento, en correspondencia la primera con velocidades del viento, que hay que tomar en la misma escala  $V$  dividiendo por 10 sus cotas, y el segundo con la velocidad propia  $V$ ; correspondencia que se logra desde un punto auxiliar obtenido sobre la escala  $T$ .

Con la velocidad propia anterior (405) y un ángulo de viento por la proa de  $40^\circ$  obtenemos sobre  $T$  el punto (1) =  $138''$ . Desde 1, dirigiendo una recta sobre la velocidad del viento 60 kms. (cota 600), obtenemos la deriva (2), de  $5^\circ$ . Restando a los  $40^\circ$  la deriva obtenemos  $35^\circ$ , que desde el mismo punto 1 nos da sobre la escala  $V$  en (3) la velocidad real respecto al suelo de 360 kilómetros.

Pudiera darse el caso de que con alguna velocidad propia muy grande y un ángulo de viento muy pequeño no se llegara a obtener punto en la escala  $T$ ; entonces se acude al expediente de tomar otro ángulo auxiliar, mayor en el doble o en triple, y entonces la deriva obtenida habrá que reducirla en la misma proporción.

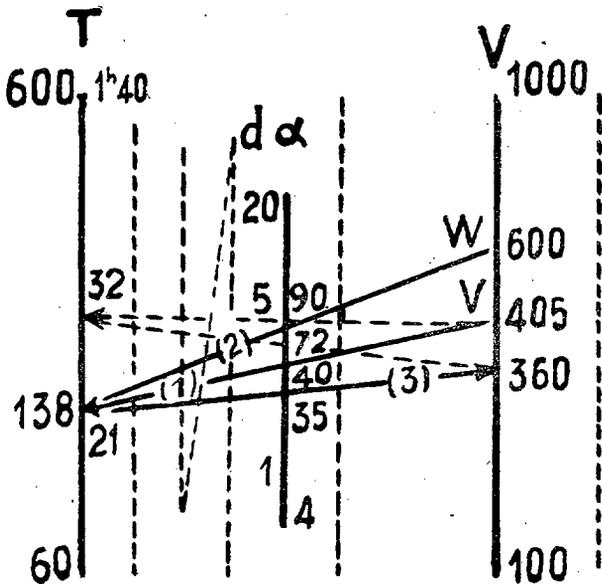


Figura 3

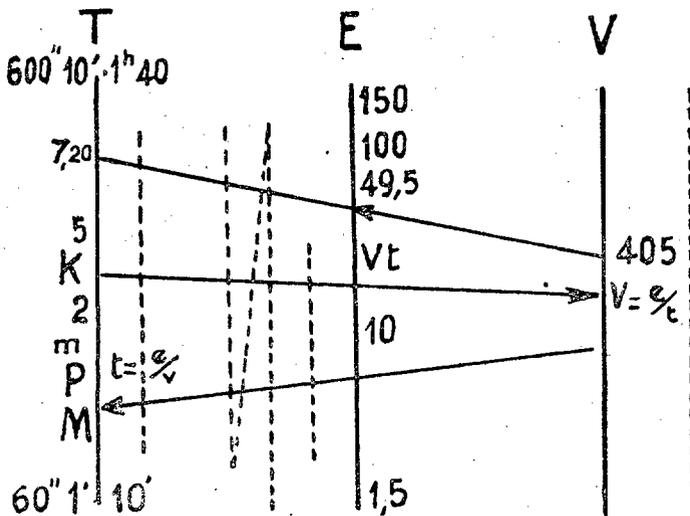


Figura 4

La velocidad resultante en estos casos es prácticamente suma o diferencia de velocidades propias y del viento.

Tal ocurre con  $V = 700$  y  $\alpha = 10^\circ$ ; entonces se alinea 700 con  $20^\circ$ , y da  $T = 17'$ ; la deriva obtenida para  $w = 60$  es de  $3^\circ$  y medio, realmente  $2^\circ$ , y la velocidad resultante, 640.

No es frecuente que el viento exceda de 100 kms.; pero pudiera ser menor de 10; en ese caso se multiplica por 2, 5 ó 10, y la deriva a corregir obtenida se divide por el factor empleado.

Con  $V = 200$  y  $\alpha = 60^\circ$  obtenemos  $T = 46'$ ; si  $w$  es 5 kms., tomamos 10, que da  $2^\circ$  de deriva, que realmente es de  $1^\circ$ , y la velocidad resultante ( $\alpha' = 59$ ),  $v = 199$ .

Si no tuviéramos noticias de la dirección y fuerza del viento, pueden deducirse estos datos si por haber estado viendo el suelo conociéramos con precisión nuestra deriva y velocidad real respecto al suelo. Para ello se señalan en la escala V esa velocidad (360) y la propia (405). Se busca un punto auxiliar T, alineado con la mayor, y el punto  $\alpha = 90^\circ$ , y desde T ( $32'$ ) se ve qué ángulo ( $72^\circ$ ) señala la alineación con la velocidad menor. En una tirita de papel se señala la distancia entre los dos valores de  $\alpha$ , y se recorre la escala hasta que comprenda una diferencia igual a la deriva ( $5^\circ$ ). Estos dos puntos ( $30^\circ$  y  $35^\circ$ ) determinan, con las velocidades, el justo punto de T ( $21'$ ). Si resultó mayor la velocidad propia, se lee  $\alpha$  ( $30^\circ$ ), menor de  $90^\circ$  por venir el viento de cara, y al revés si fuera menos. Alineando el verdadero punto T ( $21'$ ) con el ángulo de

deriva ( $5^\circ$ ), tomado en la escala d, se obtiene la velocidad del viento (610 kms.), que hay que dividir por diez (61).

El cuarto abaco viene a ser una tabla de multiplicar las velocidades de V en unidades (405) por hora por el tiempo, en minutos y segundos, de T (7 m. 20 s.), para obtener en la misma unidad espacios recorridos (49,5 kms.) en la escala E; o bien de dividir distancias E por T, para obtener en V la velocidad con que se recorren, o bien por la velocidad V, para saber qué tiempo necesitaremos para recorrerlas.

Para facilitar la cuenta, a lo largo de la escala de 1 a 10 minutos se indican los números de segundos correspondientes, y a la derecha otra escala de tiempo décuplo, cuyas unidades no corresponden a la división en segundos de los diez primeros minutos.

Sobre la escala T hay señalados los puntos p., m., Mi, Mm, Ki y Km, que sirven de factor para multiplicar multiplicandos tomados sobre V para obtener (sin hacer caso del número de cifras) los productos en E, haciendo así la conversión de unidades que se indican: pies, metros, millas itinerarias y marinas y kilómetros.

La comprobación del altímetro, hecha en laboratorio, sirve para modificar la escala A, poniendo las alturas del indicador frente a las presiones comprobadas. La del anemómetro, que generalmente se habrá hecho con presión y temperatura diferentes de las normales, nos lleva por el propio gráfico a las que deberá marcar en las condiciones de la escala Vi, de densidad = 1, o  $p = 760$  y  $t^\circ = 15^\circ$ . Supongamos que en Cuatro Vientos, cuya altitud es de 700 metros, con presión de 690 milímetros en el suelo y  $23^\circ$  de temperatura durante el vuelo, se comprueban las velocidades de anemómetro, que señalan 180, 250 y 300 kms., y nos da el cálculo comprobadas 180, 265 y 310. Se determina primero la altitud correspondiente a 690 milímetros, que es de 780 m.; aumentada en 100 m., son 880. Se toma la temperatura,  $23^\circ$ , y alineada con 880 m. de A, nos da:  $\delta = 1.350$ . Alineado este punto con 180, 265 y 310, tomados sobre V, obtenemos sobre Vi tres puntos, a cuya derecha señalamos 180, 250 y 300. Para señalar otras velocidades intermedias se procede del modo siguiente: la diferencia entre 180 y 250 es de 70 kms.; se toma una tirita de papel con la distancia que separa los dos puntos y se corre sobre la escala Vo hasta que quede entre ellos 70 kms., lo que ocurre entre 140 y 210, que, después de señalados, no sólo entre ellos, sino para unas divisiones inmediatamente menores, se llevan sobre la escala a construir, quedando como vinieron: el 180 y 250 frente a 170 y 255 de Vo, 160 frente a 146 y 200 a 194. Igual se hace con el otro intervalo y con velocidades algo superiores.

Como la superposición de los cuatro abacos, tres de cuyas escalas pertenecen a varios, pudiera ocasionar confusión, se pueden colorear ligeramente con lápiz de color las de cada gráfico, empleando el azul para los costados derechos de  $\delta$ , V y Vi, el verde para los ángulos  $\alpha$ , d, y restando de este color la palabra "soporte" de la escala T, y en rojo la T, la E y el costado izquierdo de V, quedando en negro las escalas inmediatas,  $t^\circ$  y las varias A. La escala V, bicolor común a tres abacos, da justamente el título al gráfico. Con trazos de igual color se pueden señalar los párrafos respectivos de las instrucciones.