

# Aeronáutica General

## El lanzamiento con paracaídas desde grandes alturas

Por el Doctor

**H. W. ROMBERG**

Del Instituto de Investigaciones Aeronáuticas de Adlershof

(De LUFTWISSEN, núm. 10, octubre de 1941.)

A consecuencia del aumento de las alturas de vuelo, ha adquirido una importancia grande la cuestión del lanzamiento con paracaídas desde grandes alturas, hasta el punto de que parece necesario ocuparse a fondo del mencionado problema. En principio, el lanzamiento con paracaídas se ha dividido en salto con inhalador de oxígeno o sin él; esta división obedece a que el lanzamiento efectuado con inhalador de oxígeno es esencialmente una cuestión que afecta más bien al desarrollo de dicho dispositivo y no presenta más que problemas médicos.

El lanzamiento con paracaídas sin inhalador de oxígeno, desde grandes alturas, ha sido muy a menudo materia de discusión, a pesar de que no se estudió este problema más que enfocándole desde un punto de vista puramente teórico. Para estudiar a fondo los problemas que se derivan del lanzamiento con paracaídas, hemos de tomar como fundamento el cálculo de los tiempos que necesita el paracaidista hasta que toma tierra, siendo también necesario calcular los tiempos de la caída, según se emplee paracaídas con apertura retardada o inmediata, ya que entonces la cuestión más importante y de mayor interés reside en si el paracaidista debe abrir el paracaídas inmediatamente después de saltar o si, por el contrario, debe descender libremente y abrir el paracaídas a una distancia relativamente corta del suelo.

Con el fin de evitar confusionismos y malas interpretaciones, se hablará usando términos distintos: En el lanzamiento con paracaídas de apertura automática, hablaremos siempre de tiempo de descenso y de velocidad de descenso, y cuando tratemos de paracaídas con apertura retardada, hablaremos siempre de tiempo de caída y velocidad de caída. En las tablas números 1 y 2 se relacionan los tiempos de descenso y caída, así como las velocidades respectivas.

Antes de comenzar las investigaciones prácticas, también discutimos con frecuencia la cuestión siguiente:

¿Cuál es más conveniente: la apertura automática o la retardada? Las consecuencias teóricas nos llevaron al siguiente resultado:

Supongamos que el paracaidista salta del avión a unos 12.000 metros de altura y abre el paracaídas unos segundos

después. En la mayoría de los casos experimentará los efectos del mal de altura durante medio o un minuto. En la mayor parte de los casos, a consecuencia del trabajo físico que supone el descenso y la conmoción subsiguiente, es prácticamente imposible, y a menudo se olvidará hacer una a modo de reserva respiratoria por medio del inhalador de oxígeno, al objeto de poder llegar sin experimentar muchos trastornos hasta aquella zona en que el paracaidista puede respirar libremente. Después de un minuto de descenso se ha llegado a una altura de unos 11 kilómetros, y nadie escapa a los efectos del mal de altura, que, en el transcurso de los minutos siguientes, puede conducir a la muerte.

Es suficiente con que la provisión de oxígeno alcance hasta los 6 kilómetros de altura, elevación ésta en la que ya no existe riesgo alguno y disminuye el mal de altura. No siempre se recobra el conocimiento al tomar tierra. Hay que pensar siempre en la posibilidad de que puedan producirse graves trastornos debido a la falta de oxígeno, aun cuando no sean necesariamente mortales. Es casi imposible reproducir los hechos imitando las condiciones reales en las cámaras de depresión que se emplean para las pruebas, hasta tal punto que en la mayoría de los casos hay que conformarse con "captar" el momento preciso en que el individuo objeto de la prueba empieza a sentirse invadido por el mal de altura, y entonces, analizando su escritura u observando la proximidad del colapso, proporcionándole oxígeno inmediatamente, ha de darse por terminada la prueba.

La otra posibilidad es la siguiente: El paracaidista salta del avión desde 12.000 metros de altura, y se lanza al espacio. En esta caída experimentará seguramente los efectos del mal de altura, y tal vez llegue a perder el conocimiento, pero vuelve en sí a los 4 ó 6.000 metros, y abre el paracaídas. Los tiempos de caída son tan reducidos, que sería imposible reproducir con exactitud las condiciones reales en la cámara de depresión.

Podría aplicarse en la práctica una solución de tipo intermedio entre las dos ya apuntadas: El paracaidista se lanza y cae libremente, hasta que empieza a sentirse invadido por el

TABLA I

Altura en kilómetros	Velocidad de descenso en metros/segundos	Tiempos de descenso para cada 1.000 metros en segundos	Tiempos totales de descenso en minutos
11-12	13,2	75,8	1 minuto 15,8 segundos
11-10	12,3	81,3	2 » 37,1 »
10- 9	11,5	86,9	3 » 58,4 »
9- 8	10,8	92,6	5 » 31,1 »
8- 7	10,2	98,0	7 » 9,0 »
7- 6	9,6	104,2	8 » 53,2 »
6- 5	9,1	110,0	10 » 43,2 »
5- 4	8,6	116,3	12 » 39,5 »
4- 3	8,2	122,0	14 » 41,5 »
3- 2	7,8	128,2	16 » 49,7 »
2- 1	7,4	135,1	19 » 4,8 »
1- 0	7,1	140,8	21 » 25,6 »

TABLA II

Altura en kilómetros	Velocidad de caída libre en metros/segundos	Tiempos de caída para cada 1.000 metros en segundos	Tiempos totales de caída en segundos
12-11	107	9,4	»
11-10	99	10,1	19,5
10- 9	92	10,9	30,4
9- 8	86	11,6	42,0
8- 7	81	12,3	54,3
7- 6	76	13,2	67,5
6- 5	72	13,9	81,4
5- 4	68	14,7	96,1
4- 3	65	15,4	111,5
3- 2	62	16,0	127,5
2- 1	60	16,6	144,1
1- 0	57	17,5	161,6

mal de altura, y entonces abre el paracaídas. Aun cuando esta solución reportaría ventajas innegables, no podría adoptarse hasta después de haber efectuado algunos ejercicios prácticos.

Hemos de hacer una pequeña aclaración sobre los tiempos de caída que se dan en las tablas 1 y 2. Para el cálculo del tiempo de descenso se le ha dado al paracaidista un peso total de 100 kilogramos. En la práctica, aun vistiendo el equipo completo, casi nunca se alcanza ese peso, y, por tanto, los tiempos pueden ser mayores. Para el cálculo de los tiempos de caída se ha tomado como base una velocidad de 200 kilómetros-hora en las proximidades del suelo: aproximadamente la velocidad mínima que alcanza el hombre en caída libre y con el peso corporal mínimo que hipotéticamente tiene, así como la mayor resistencia que el aire ofrece al paracaidista equipado. En la práctica ha podido comprobarse que, en la mayoría de los casos, estos tiempos disminuyen algo.

Además, en las tablas 1 y 2, y en la línea correspondiente a los 12-11 kilómetros, se han dado las velocidades finales que se alcanzan a esas alturas, por lo que, en la práctica, es imprescindible una corrección. El paracaidista, antes de tirar de la anilla para abrir el paracaídas, cae libremente durante 3-5 segundos, descendiendo en ese tiempo unos 100 metros, con lo cual gana cerca de siete segundos respecto a los tiempos dados en la tabla 1. En la tabla 2, por el contrario, habría que añadir aproximadamente cinco segundos a los tiempos calculados, puesto que el paracaidista alcanza a los once segundos de caída la velocidad final de 107 metros por segundo. En la práctica hay que tener en cuenta estas variaciones de los tiempos, variaciones que son relativamente pequeñas y que apenas influyen sobre las oscilaciones derivadas de las condiciones del vuelo en el momento del salto. En vuelo horizontal, con velocidad de 700 kilómetros-hora, el hombre alcanza las velocidades finales, según indican las curvas representadas en la figura 1.

En los saltos desde aviones en vuelo picado, la velocidad de la aeronave, al iniciarse el descenso, puede ser de 600 a 800 kilómetros-hora. Desde el punto de vista del investigador, ni pueden calcularse ni deben tenerse en cuenta todas estas posibilidades eventuales; su cometido estriba en determinar, a grandes rasgos, la proporcionalidad existente entre los saltos efectuados con paracaídas de apertura automática o retardada.

**Realización de las pruebas.**

Al terminar la ascensión, el que va a dirigir la prueba y el que va a ser objeto de la misma permanecen por algún tiempo a 12.000 metros. El último aspirará el oxígeno por medio de una máscara. Hay que poner un cuidado especial en que ajuste herméticamente, con el fin de poder registrar cualquier falta de oxígeno que revista alguna gravedad y conocer con precisión el número y altibajos de la pulsación.

El individuo en cuestión hace entonces tres flexiones de rodillas; se quita la máscara y repite, ya sin oxígeno, las mismas flexiones. Se ha adoptado este procedimiento con el objeto de no pasar por alto el trabajo físico que supone el saltar desde el avión y para impedir de esta manera una paralización, peligrosa por lo prolongada, de la respiración. Después de hechas las seis flexiones indicadas, comienza el descenso, que se dirigirá mediante un cronómetro y un variómetro, tomando como base los cálculos efectuados previamente respecto a la caída, es decir, respecto a las velocidades de descenso. Al terminar las seis flexiones, el individuo objeto de ensayo da comienzo a la "prueba de escritura de cifras", anotando ade-

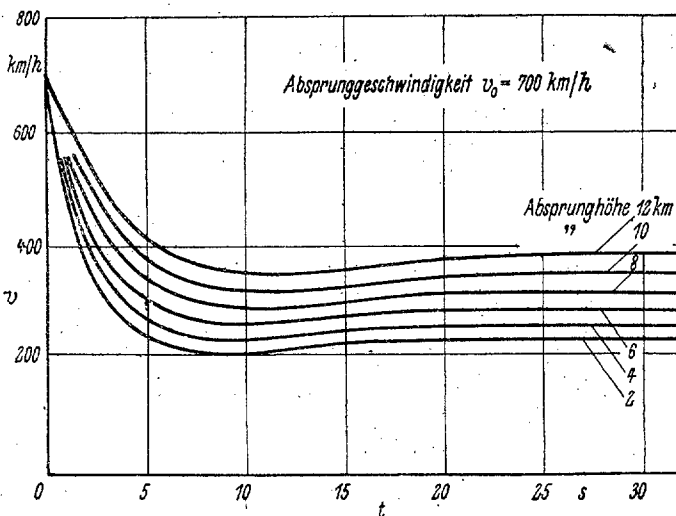


Fig. 1.— Variación de la velocidad en el salto con paracaídas desde diferentes alturas. Velocidad de la aeronave al saltar: 700 kms/h.

más las alturas a que va encontrándose sucesivamente, kilómetro a kilómetro, a la vista del altímetro.

Un médico mide las pulsaciones y observa su estado físico. Se le dará oxígeno cuando se advierta que la escritura va haciéndose ininteligible, o cuando amenace el colapso. Desde luego, cuando se trate de velocidades de caída considerables, es absolutamente necesario un suministro continuo de oxígeno.

**Resultado de la prueba.**

En las tablas 3 y 4 se exponen los resultados de la prueba efectuada. La prueba de descenso nunca ha podido llevarse hasta el final, dado que la mayor parte de las veces hay que interrumpirla, ya que casi siempre hay que dar oxígeno al llegar a los 11.400 metros. Las pruebas que se hacen en las cámaras de depresión y las experiencias de la práctica han demostrado que casi siempre que se ha querido llevar la prueba hasta el final, sin suministrar oxígeno, se han registrado trastornos graves y en algunos casos ha tenido que lamentarse el fallecimiento del individuo objeto de la prueba.

En las pruebas de caída libre, solamente en contadas ocasiones sobreviene el mal de altura con pérdida de conocimiento. Como puede apreciarse observando las figuras 2 y 3, generalmente consiguen escribir las líneas de cifras con muy pocas faltas, y la mayoría de los individuos sometidos a esta prueba han conservado claro su juicio durante todo el tiempo de la caída. Carece de fundamento el temor que algunos manifiestan al considerar que muy bien pudieran verse imposibilitados para tirar de la anilla que abre el paracaídas a causa del mal de altura.

En caso que fuese necesario dar oxígeno antes de terminar la prueba por haberse apreciado ya los efectos del mal de altura y pérdida del conocimiento, sería conveniente dar por terminada la prueba, puesto que con la pérdida del conocimiento, debida a las grandes velocidades de descenso, puede

TABLA III

*Pruebas de descenso.*

Experimentador	Preparación de la prueba antes de comenzar el descenso	Aparición del mal de altura (H)	Final de la prueba
Primero.....	3 flexiones. O <sub>2</sub> fuera. 3 flexiones.	Después de 53", H fuerte, con pérdida del conocimiento, respiración anhelante y lividez acentuada.	A los 11,3 kms. hay que dar oxígeno, a causa del fuerte H.
Segundo.....	3 flexiones. O <sub>2</sub> fuera. 3 flexiones.	Después de 40", H fuerte, con pérdida del conocimiento y lividez acentuada.	A los 11,4 kms. hay que dar oxígeno, a causa del fuerte H.
Tercero.....	4 flexiones. O <sub>2</sub> fuera. 3 flexiones.	Después de 50", H fuerte, con pérdida del conocimiento y lividez acentuada.	A los 11,3 kms. hay que dar oxígeno, a causa del fuerte H.

TABLA IV

Pruebas de caída libre.

Experimentador	Preparación de la prueba antes de comenzar el descenso	Aparición del mal de altura (H)	Final de la prueba
Primero.....	O <sub>2</sub> fuera. 4 flexiones en 10 segs.	A los 11 kms., sensación de fiebre. De 10 a 8 kms., ligero H. A los 6 kms., restablecimiento.	A los 4 kilómetros.
Segundo.....	O <sub>2</sub> fuera. 3 flexiones en 10 segs.	A los 10 kms., ligero H y sensación de fiebre. A los 8 kms., mejoría. A los 6 kms., completamente restablecido.	A los 4 kilómetros.
Tercero.....	7 flexiones. O <sub>2</sub> fuera. 3 flexiones.	A los 10 kms., fuerte H y pérdida del conocimiento.	A los 10 kms. hay que dar oxígeno, a causa del fuerte H.
Cuarto.....	3 flexiones. O <sub>2</sub> fuera. 3 flexiones.	A los 8 kms., H mediano y garabatos. A los 6 kms., restablecimiento. A los 4 kms., completamente normal.	A los 4 kilómetros.
Quinto.....	O <sub>2</sub> fuera. 3 flexiones.	A los 9 kms., fuerte H, con pérdida del conocimiento.	A los 9 kms. hay que dar oxígeno, a causa del fuerte H.
Sexto.....	3 flexiones. O <sub>2</sub> fuera. 3 flexiones.	No advierte H. No hace faltas en la escritura.	A los 4 kilómetros.
Séptimo.....	3 flexiones. O <sub>2</sub> fuera. 3 flexiones.	A los 9,5 kms., fuerte H.	A los 9,5 kms. hay que dar oxígeno, a causa del fuerte H.
Octavo.....	3 flexiones. O <sub>2</sub> fuera. 3 flexiones.	Ligerísimo H. Una falta en la escritura en 8 kms., de caída.	A los 6 kms., a causa de los agudísimos dolores en las sienas.
Noveno.....	3 flexiones. O <sub>2</sub> fuera. 3 flexiones.	De 9-8 kms., ligero H. Dos faltas en la escritura.	A los 4 kilómetros.

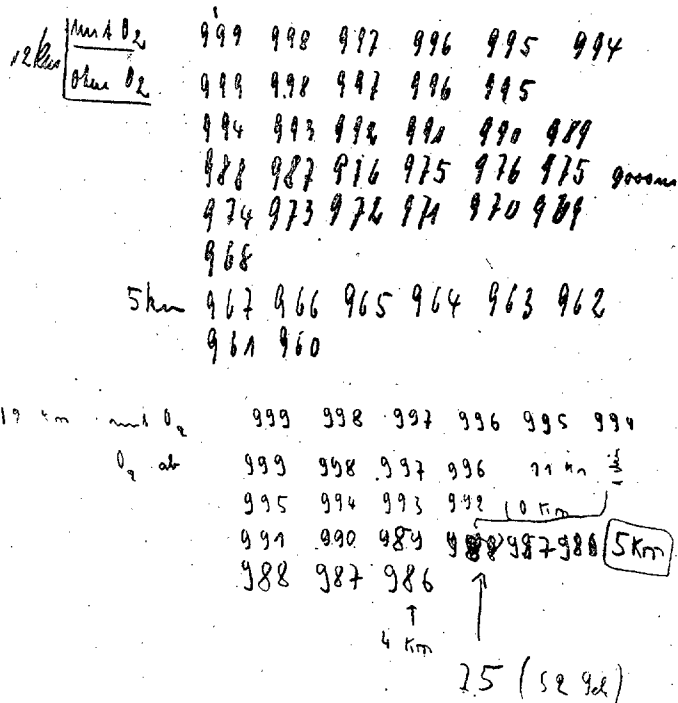


Fig. 2 (arriba). — Prueba de caída. Mal de altura ligerísimo entre los 9 y 8 kilómetros de altura.

Fig. 3 (abajo). — Prueba de caída. Mal de altura regular entre los 8 y 7 kilómetros de altura, con restablecimiento muy rápido.

producirse la rotura de los tímpanos. En los lanzamientos reales con paracaídas podría darse este caso en determinadas circunstancias, y los fuertes dolores que se sienten harían volver en sí al paracaidista. Conocemos, por ejemplo, un caso en que el piloto perdió el conocimiento a consecuencia del mal de altura, saliendo despedido por el techo de la cabina del aparato, que se precipitaba al suelo. A unos 1.500 metros de altura recobró el conocimiento a consecuencia de los agudísimos dolores que sentía en los oídos, y pudo entonces abrir el paracaídas.

La solución de tipo intermedio de que hablábamos antes, es decir, la apertura del paracaídas cuando comienzan a sentirse los efectos del mal de altura, habría que efectuarla de tal manera que todo individuo que se sometiera a estas pruebas de caída libre debería indicar el momento preciso en que desearía abrir el paracaídas. De esto se deduce que los menos resistentes a la altura se verían sorprendidos tan rápidamente por el mal de altura, que en la práctica nunca llegarían a poder abrir el paracaídas, y los más resistentes efectuarían el descenso de la misma manera que hemos estudiado en los párrafos anteriores.

Discusión de los resultados.

De los resultados descritos anteriormente se deduce claramente lo conveniente de la retención de la respiración en el lanzamiento con paracaídas desde grandes alturas antes de abrirlo, cuando no hay riesgo alguno por carencia de oxígeno, a unos 6.000 metros de altura. Todo el que haya participado activamente en las pruebas sabe perfectamente cuándo le es más conveniente retener la respiración.

Los efectos del mal de altura que sobrevienen a consecuencia de las pruebas y ensayos de descenso son de tal importancia, que sólo en algunos casos se podría esperar un feliz término de aquélla. A continuación describimos con amplitud suficiente las tres pruebas o ensayos mediante los cuales puede determinarse la calidad y el grado del mal de altura.

Primer experimentador.—Después de quitarse la máscara

experimentará, posiblemente, la paralización de la respiración durante bastante tiempo. Después de 30 segundos comienza a respirar, y apenas empiece a sentirse invadido por el mal de altura habrá de hacérselo saber al que dirija la prueba. Puede observarse, desde el momento en que recobra la respiración, una fuerte lividez (cianosis), que va acentuándose paulatinamente. A los 50 segundos, y tras indicar la sensación que le produce el mal de altura, el individuo que sufre la prueba ha de comenzar a escribir. A los 53 segundos (altura, 11,3 kms.) se le suministra oxígeno. Respiración dificultosa, lividez muy acentuada y pérdida del conocimiento hasta los 70 segundos de caída. A partir de este tiempo el descenso es más rápido y aspira oxígeno. Recuperación del conocimiento y estado casi normal hasta los 80 segundos (altura, 8 kms.).

*Segundo experimentador.*—Después de quitarse la máscara experimentará, posiblemente, la paralización de la respiración, sentirá necesidad de respirar, y unos 25 segundos después comienza a hacerlo. Sensación de pesadez en la cabeza e impresión de que la cámara en que se encuentra se bandeja continuamente, seguido todo ello de la pérdida del conocimiento. A los 39 segundos, al cesar la escritura (fig. 4), fuerte lividez, convulsiones; a los 40 segundos hay que darle oxígeno (altura, 11,4 kms.); comienza a recobrar el conocimiento. El descenso es más rápido y descansa algo; a los 50 segundos (altura, 9 kms.) su estado es casi normal.

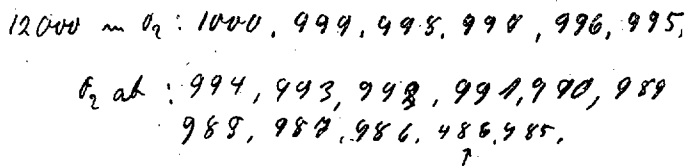


Fig. 4.—Prueba de descenso. Mal de altura muy acentuado después de 40 segundos.

*Tercer experimentador.*—Después de quitarse la máscara, la respiración se paraliza durante unos 30 segundos. Al comenzar la respiración no experimenta sensación alguna de mal de altura; luego, recuperación del conocimiento. Después de las primeras respiraciones completas se observa cierta lividez; a los 48 segundos hace garabatos, y a los 50 segundos, convulsiones y pérdida del conocimiento. Luego, con el aumento de la velocidad de descenso y respirando oxígeno, vuelve a su estado normal rápidamente, a los 60 segundos de haber efectuado el salto.

En los tres casos examinados el mal de altura sobreviene rapidísimamente y el experimentador apenas tiene tiempo de percibirlo, a pesar de que todos conocen por experiencia propia ese fenómeno. Como quiera que el mal de altura hace su aparición en alturas comprendidas entre 11,4 y 11,3 kms., es preciso tener en cuenta las graves consecuencias que supone el transcurso de un tiempo de ocho minutos hasta alcanzar los 6.000 metros de altura y de doce minutos hasta llegar a los 4.000 metros.

El mal de altura ofrece aspectos completamente distintos en los ensayos de caída libre. En la mayoría de los casos no se presenta, y de notarse sus efectos, se advierten muy atenuados. Es interesantísimo observar, tanto si es uno mismo objeto de la prueba como si se trata del otro individuo cualquiera, el desarrollo, en los ensayos de caída libre, de una auténtica carrera con el mal de altura, en la que casi siempre gana el paracaidista, que sale con una pequeña ventaja sobre aquél y la mantiene hasta el final. De todos los ensayos efectuados hasta la fecha se deduce que en los individuos ligeramente afectados por el mal de altura se registra un restablecimiento bastante acentuado a los 8.000 metros, es decir, precisamente a una altura en la que suelen apreciarse los efectos más fuertes del mal de altura.

Aun cuando en la mayoría de las experiencias la prueba de caída libre transcurre muy satisfactoriamente con respecto a las condiciones reales en que se efectuaría en la práctica, se presentan siempre en los tres casos los graves inconvenientes del mal de altura, y puede hacerse la objeción de que en tales casos el paracaidista generalmente no puede recobrar el conocimiento, y si lo logra no sería extraño que fuese demasiado tarde para abrir el paracaídas. Siempre sería preferible soportar los efectos del mal de altura con el paracaídas abierto

que resultar muerto al chocar contra el suelo. A esto contestamos lo siguiente: Solamente en algunos casos de poquísima resistencia a la altura—casos que además son de todo punto improbables, dadas las alturas a que hoy día se vuela y al examen riguroso a que se somete a pilotos y tripulaciones—puede pensarse en una posibilidad semejante. Hoy podemos afirmar, con la absoluta seguridad que nos han hecho adquirir numerosas experiencias y ensayos, que ninguno de ellos sobreviviría a los tiempos de descenso que se registran entre los 12 y los 8 kilómetros de altura.

Ni siquiera aquella solución intermedia que apuntábamos antes (abrir el paracaídas tan pronto como se adviertan los síntomas del mal de altura) nos ofrece ya ventaja alguna sobre las últimamente estudiadas.

Aun admitiendo que un individuo poco resistente a la altura abriese el paracaídas apenas advertidos los síntomas del mal de altura o la proximidad del colapso, apenas podría mejorar con ello su situación. Tal vez le sobrevendría el mal de altura o el colapso con resultados de tal importancia que constituyesen un serio peligro para su vida, dada la gran duración del descenso.

En general, también ha de tenerse presente cuando se hagan ensayos de caída libre, que los individuos colgados del paracaídas, por encontrarse en posición vertical, no se verán amenazados por el vértigo. La circulación de la sangre del individuo que cae, apenas experimenta alteración alguna debida a la fuerza de gravedad, que en algunas circunstancias contrarresta los efectos de un colapso. La mayoría de las veces, como es natural, el hombre no cae verticalmente ni en ninguna otra posición fija y determinada, sino que gira sobre sí mismo y cambia de postura con frecuencia. Las pruebas hechas por los soviets demuestran que de ese hecho no se deriva ningún efecto perjudicial.

Hasta ahora siempre se ha examinado el salto con paracaídas desde el punto de vista de la falta de oxígeno. Pero hay que tener presente además un factor importantísimo: el frío. A las alturas de 12.000 metros reinan temperaturas de  $-50^{\circ}$  C., a las que, naturalmente, se ve sometido el paracaidista, y en ningún momento puede estimar indiferente soportar durante la mayor parte del descenso temperaturas de ese orden. Las consecuencias pueden muy bien ser congelaciones graves, dado que la falta de oxígeno aumenta el peligro de la congelación. La protección del paracaidista contra el frío es casi siempre insuficiente, dado que al volar dentro de las cabinas de los aviones se sustituyen los equipos forrados de piel por otros con calefacción eléctrica. La cara nunca se protege contra el frío, y las botas de piel pueden salirse de los pies a consecuencia de las corrientes de aire.

Hay otra circunstancia que no debe olvidarse en los saltos con paracaídas desde grandes alturas: la posibilidad de que el individuo se olvide de tirar inmediatamente de la anilla que abre el paracaídas. En el tiempo que transcurre hasta que toma tierra, el viento puede desviarlo considerablemente del punto sobre el que efectuó el salto, y en algunos casos la desviación puede ser tan considerable que vaya a tomar tierra... en el mar. Si aún no se ha abierto el paracaídas puede tratarse de buscar un sitio apropiado para tomar tierra, tirando de la anilla antes o después, según convenga. Hay que tener en cuenta estos dos últimos puntos de vista en los saltos con paracaídas en que haya de emplearse el inhalador de oxígeno.

Resumiendo, diremos: el salto con paracaídas desde 12.000 metros no ofrece riesgo alguno, siempre que el paracaídas se abra entre los 8.000 y los 6.000 metros de altura. Si el paracaídas se abre inmediatamente después del salto, hay que calcular que el mal de altura, agravado por los trastornos que sobrevengan por la falta de oxígeno y el frío, puede causar la muerte. No estaría de más ilustrar al personal volante a este respecto.

Resumen.

Los ensayos efectuados en las cámaras de depresión sobre la cuestión del salto con paracaídas desde 12.000 metros han demostrado claramente que si el paracaídas se abre inmediatamente después del salto hay que contar con graves trastornos, debidos al mal de altura, e incluso con la muerte. Si el paracaidista ha descendido hasta una altura en la que no sienta el peligro de la falta de oxígeno, los efectos del mal de altura no se advierten o pasan rápidamente. Además del peligro de la falta de oxígeno, el paracaidista ha de contar con el del frío.