

DESCOMPRESION RAPIDA DE AERONAVES

Autor: C.D.E. (S) Raúl BERRIOS Silva

I. INTRODUCCION

El desarrollo de las cabinas presurizadas y de las cápsulas selladas ha resuelto la mayoría de los problemas fisiológicos relacionados con la disminución de la presión barométrica de los vuelos en altitud, pero al mismo tiempo han creado un nuevo factor de riesgo en aviación, como es el caso de pérdida de la presurización de la cabina por una falla súbita de la estructura, produciendo lo que se conoce por Descompresión de Cabina. Tanto en altitudes de vuelo normales de aviación comercial y militar como en vuelos orbitales espaciales, este accidente puede llegar a ser catastrófico, por lo cual, es indispensable que las tripulaciones comprendan este problema y sepan tomar las medidas de emergencia que correspondan.

Cuando se produce una abertura en una cabina presurizada causada por una falla estructural, acción enemiga u otro factor, el aire saldrá de inmediato a través de la apertura causando que la presión de la cabina disminuya rápidamente hasta igualarse con la presión atmosférica ambiental. A su vez, los ocupantes de la aeronave se verán expuestos a los efectos de esta descompresión en mayor o menor grado, dependiendo del tamaño de la apertura que afecta directamente la rapidez con que se logra la igualación de presiones y la magnitud final de la variación de presión.

Por consenso internacional se han clasificado las descompresiones en tres categorías, dependiendo exclusivamente del tiempo que transcurre hasta la igualación de presiones. De esta forma, se habla de descompresiones lentas, que se demoran más de tres segundos en igualar presiones; rápidas, aquellas que se demoran entre uno y tres segundos y finalmente las explosivas, que demoran menos de un segundo en igualar presiones.

Por otra parte, se sabe que el aire que sale a través de la abertura de una cabina presurizada, por razones termodinámicas no puede exceder la velocidad del sonido, independientemente del tamaño de la comunicación. A su vez, una de las características físicas de una explosión, resultante por ejemplo de la detonación de una bomba, es que la onda explosiva es supersónica. Consecuentemente, el uso de la terminología de descompresión explosiva no queda muy claro. Lo que sí se sabe es que en las descompresiones definidas como explosivas, la salida del aire de la cabina hacia el exterior se hace con tal fuerza que por sí sola puede producir mayor destrucción estructural, afectando seriamente la aeronavegabilidad de éste.

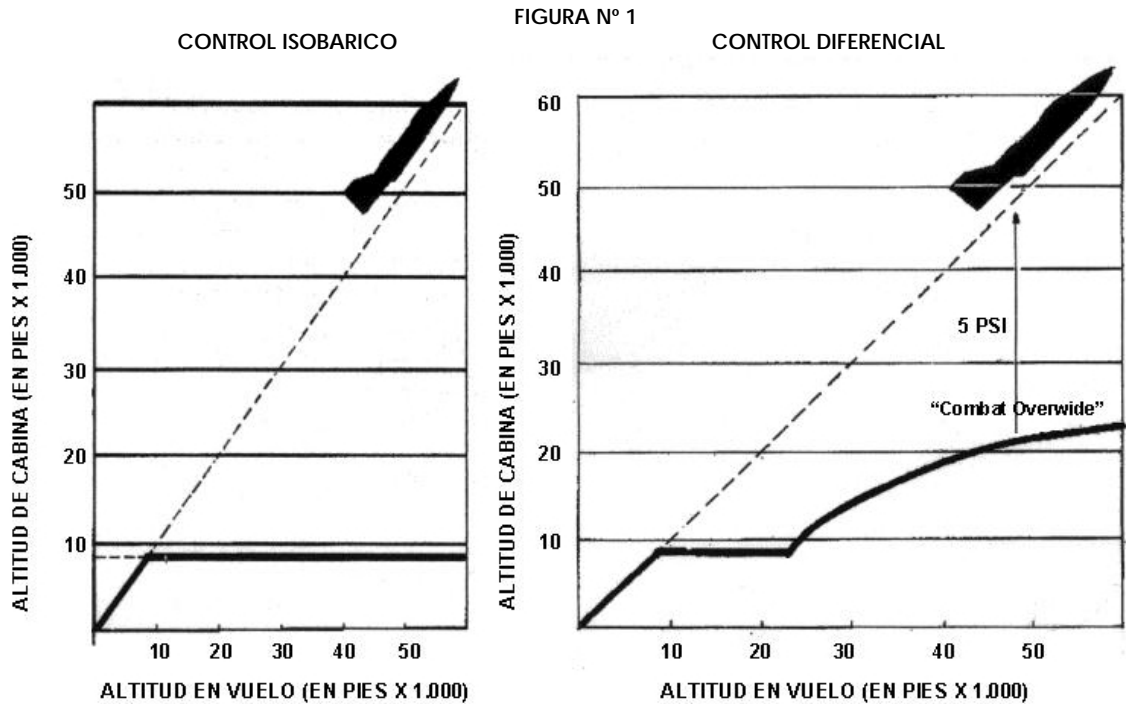
Si esta descompresión explosiva puede dañar estructuras de una aeronave, con mayor razón puede producir daños irreparables al organismo humano, afectando seriamente la supervivencia de éste. Por tal motivo, a continuación se efectuará un análisis de los factores Físicos y Fisiológicos que ocurren, enfocados fundamentalmente a las descompresiones catalogadas como rápidas.

II. PRESURIZACION DE CABINAS

Vale señalar que existen diferentes patrones de presurización de cabinas que no es el caso discutir en el presente capítulo, no obstante, vale destacar dos perfiles clásicos que distinguen fundamentalmente aeronaves de transporte o civiles en contraposición con las aeronaves militares de combate.

Ambos perfiles persiguen obtener una diferencial de presión interna / externa que no sobrepase ciertos límites. Esto con la finalidad de disminuir la posibilidad de descompresiones explosivas, en los rangos operativos de dichas aeronaves. Como vemos en figura N° 1, el perfil con CONTROL ISOBÁRICO de la

izquierda, logra mantener una presión o altura de cabina en forma constante, de aproximadamente 8.000 pies, manteniendo una diferencial de presión que no sobrepase los 8,2 PSI en cualquier rango de vuelo operacional de la aeronave. A la derecha, el CONTROL DIFERENCIAL empleado en aeronaves de combate, inicia la presurización al igual que las aeronaves civiles pero, por sobre 25.000 pies de altura de vuelo, aumentan la presurización en lo que se denomina "Combat Override", logrando una diferencial no mayor a 5 PSI. Esto último, dado el tamaño de las cabinas de combate y/o acción enemiga, logra disminuir la posibilidad de descompresión explosiva.



III. FACTORES FISICOS

Como se enunció, las consecuencias y magnitud de una Descompresión Rápida dependen de la velocidad de la descompresión y de la diferencia de presión del interior de la aeronave con la del exterior. Los factores físicos básicos, que determinan la velocidad de descompresión, que a su vez influirán directamente en los efectos fisiológicos son:

- A. **Volumen de la Cabina Presurizada:** A mayor volumen de cabina, más lenta es la descompresión, si todos los otros factores permanecen constantes.
- B. **Tamaño de la Abertura de la Cabina:** A mayor tamaño de la abertura, mayor rapidez de la descompresión. La relación entre el volumen de la cabina y la superficie o área de la abertura u orificio, es tal vez el principal factor que condiciona la velocidad y tiempo de descompresión.

Es conveniente comprender la diferencia entre velocidad de descompresión y tiempo de descompresión, a saber:

La velocidad en la cual se descomprime una cabina (mmHg/seg.) no es constante, distribuyéndose en una curva tipo gaussiana, comenzando desde 0, aumentando muy rápidamente y luego disminuyendo gradualmente hasta volver a 0, una vez completada la descompresión.

El tiempo de descompresión es el tiempo total desde el comienzo hasta el final del fenómeno de descompresión. Para efectos prácticos, a mayor velocidad de descompresión, menor tiempo total de descompresión.

C. Presión Diferencial: La diferencia entre la presión del interior de la cabina y la presión atmosférica ($P_c - P_a$) afecta directamente la severidad o intensidad de una descompresión rápida, pero no al tiempo mismo de descompresión; a mayor presión diferencial, mayor severidad de descompresión.

D. Cuociente o Razón de Presión: El tiempo de descompresión depende del cuociente entre la presión en el interior de la cabina y la presión exterior ambiente (P_c/P_a). Mientras más grande este cuociente, mayor será el tiempo de descompresión.

E. Altitud de Vuelo: Las consecuencias fisiológicas que siguen a una descompresión rápida son influenciadas directamente por la altitud de cabina final alcanzada por la aeronave, en especial en lo referido a Hipoxia aguda.

IV. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA DESCOMPRESION RAPIDA

Los estudios experimentales en sujetos voluntarios han demostrado que una persona puede tolerar descompresiones relativamente severas sin dificultad aparente, siempre que la vía aérea permanezca abierta durante la descompresión. La descompresión desde 8.000 a 35.000 pies (7.5 libras/pulg. de presión diferencial) en 0.9 segundos y de 10.200 a 35.000 pies (6.55 libras/pulg. de presión diferencial) en 0.75 segundos fueron toleradas por sujetos entrenados sin mayores problemas.

Considerando los efectos fisiológicos de una descompresión rápida, deben diferenciarse dos problemas:

A. EFECTOS DURANTE LA DESCOMPRESION RAPIDA:

- Lesiones pulmonares por expansión del aire atrapado en la vía respiratoria.
- Succión hacia el espacio exterior.

B. EFECTOS DESPUES DE LA DESCOMPRESION RAPIDA:

- Hipoxia Aguda.
- Enfermedad por Descompresión.
- Exposición a frío extremo

A. Efectos durante la Descompresión Rápida

1. Lesiones Pulmonares

Debido al volumen de aire contenido normalmente en los pulmones, a la naturaleza misma del tejido pulmonar y al intrincado sistema del árbol respiratorio para efectos de ventilación, los pulmones constituyen potencialmente la región más vulnerable del organismo en una Descompresión Rápida.

La máxima razón de descompresión que puede ser tolerada está limitada a la capacidad de los pulmones para compensar un cambio rápido en la presión ambiental. Cuando la descompresión rápida sobrepasa la capacidad del pulmón para descomprimirse, se producirá una presión positiva en los pulmones que puede provocar destrucción del parénquima pulmonar, produciendo un Neumotórax, Neumomediastino o Embolía Aérea, que dependerá de los siguientes factores:

- La razón de descompresión de la cabina en relación a la razón simultánea de descompresión del pulmón.
- La variación total de presión de la cabina, durante la descompresión.
- El volumen inicial y final de aire en los pulmones.
- La capacidad de los pulmones y del tórax para expandirse durante la descompresión.

B. Efectos después de la Descompresión Rápida

1. Hipoxia Aguda

La disminución súbita de la presión de cabina se traduce en la correspondiente disminución de presión en los pulmones a medida que los gases respiratorios expandidos escapan a través de la traquea, con la consiguiente disminución de la Presión Parcial de Oxígeno en el alvéolo pulmonar. La descompresión rápida, a altitudes sobre 30.000 pies respirando aire, de inmediato reduce la presión parcial de oxígeno en el alvéolo a cifras menores de las que se encuentran en la sangre venosa, de tal manera que no sólo cesa la captación de oxígeno por la sangre, sino que se produce una inversión en la gradiente de difusión de oxígeno. La pequeña cantidad de oxígeno en la sangre venosa vuelve a los pulmones y la sangre arterial que deja el pulmón está virtualmente sin oxígeno. Como consecuencia, se produce una hipoxia fulminante en el cerebro y otros órganos vitales.

2. ENFERMEDAD POR DESCOMPRESION

Los tejidos y líquidos del organismo contienen uno (1) a uno coma cinco (1,5) litros de Nitrógeno disuelto, dependiendo de la presión de Nitrógeno en el aire ambiental. A medida que aumenta la altitud, la presión parcial de Nitrógeno atmosférico disminuye, por lo que el Nitrógeno del organismo debe ser eliminado para mantener el equilibrio.

Si el cambio de presión ambiente es rápido, se produce una sobresaturación de la capacidad de eliminación del nitrógeno, por lo cual tiende a formar burbujas en los tejidos orgánicos y en la sangre, lo que se ha denominado disbarismo del tipo Enfermedad por Descompresión. La frecuencia e intensidad de esta enfermedad por descompresión depende de los siguientes factores

- ALTITUD: Bajo 30.000 pies, la incidencia de enfermedad por descompresión es baja pero, por sobre esta altitud, el fenómeno se presenta habitualmente dependiendo fundamentalmente del tiempo que permanezca a esa altura.
- ACTIVIDAD FISICA: El ejercicio físico baja el umbral de altitud para la aparición de enfermedad por descompresión, habiéndose reportado casos que han presentado este fenómeno incluso a 18.000 pies de altitud.
- EDAD: La frecuencia de aparición de esta enfermedad aumenta con la edad.
- SEXO: El sexo femenino tendría mayor incidencia de enfermedad por descompresión, aparentemente por su mayor contenido de tejido graso.
- SUSCEPTIBILIDAD INDIVIDUAL: Ha sido descrita en algunos sujetos con mayor o menor tolerancia a este fenómeno, siendo imposible pronosticarlo en forma preventiva.

Los síntomas más frecuentes de la Enfermedad por Descompresión son los siguientes:

- Dolor a nivel de articulaciones (Bends) de carácter variable y que puede ser muy intenso, hasta causar dificultad funcional. Las articulaciones más afectadas son los codos y hombros.
- Picazón o prurito de piel con hinchazón y cambios de coloración moteada de ésta. (manifestación dérmica).
- Tos o sensación de dificultad respiratoria (Chokes) provocados probablemente por bloqueo de la circulación pulmonar por pequeñas burbujas. Se caracteriza por una sensación de

quemadura retroesternal que luego se transforma en dolor que aumenta con la inspiración, hasta producir intensa disnea y cianosis. El descenso inmediato bajo 25.000 pies es imperativo para combatir estos síntomas. Si el problema se mantiene, se puede llegar a producir un shock cardio-respiratorio y pérdida de conciencia.

- Síntomas Neurológicos, menos frecuentes y de muy variables características. Comúnmente se producen alteraciones de la visión, cefalea, falta de sensibilidad o fuerza de una extremidad y eventualmente dificultad del lenguaje. Todos estos síntomas son premonitorios de una alteración gravísima.
- Síntomas Cardiovasculares, muy variables pero extremadamente graves, caracterizados por dificultad respiratoria asociado a palpitaciones y síntomas de caída de la presión arterial y "shock" cardiogénico.

3. Exposición a Frío Extremo

Recordando la gradiente térmica vertical, la exposición del individuo en forma súbita al ambiente atmosférico de la altura de vuelo de una aeronave, no sólo lo expone a una disminución de presión barométrica sino, también a la temperatura reinante a esa altura, agravando aún más el problema de hipoxia.