

## **2.- TRAYECTORIA GLOBAL**

## 2.1.- INTRODUCCIÓN

Como se indicó en 1.1, se entiende como trayectoria global el conjunto de segmentos de vuelo, tramos unitarios de trayectorias definidas por la misma condición de vuelo, que permiten a la aeronave proceder de un aeropuerto de origen hasta otro de destino cumpliendo las restricciones legales y operativas.

La trayectoria global de una aeronave de transporte aéreo comercial volando desde el punto A hasta el punto B en operación estándar, se compone siempre de las mismas fases. Haciendo distinción entre perfil vertical y perfil horizontal tenemos que:

El perfil vertical (figura 2.2.1), lo componen 3 fases bien diferenciadas:

- Ascenso.  
Desde el despegue en el aeropuerto de salida hasta que la aeronave alcanza la altitud de crucero seleccionada (TOC).
- Crucero.  
Abarca desde el punto donde se alcanza el nivel de crucero (TOC) y finaliza en el punto de inicio del descenso (TOD).
- Descenso  
Se inicia en el TOD y finaliza cuando la aeronave aterriza en el aeródromo de destino.

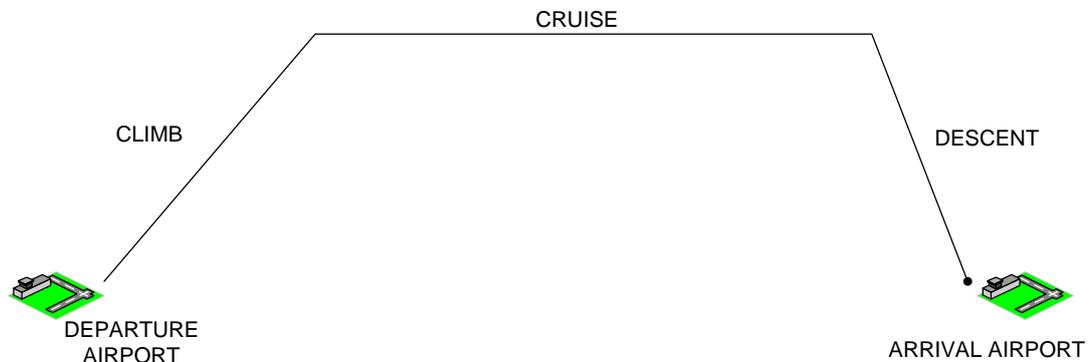


Figura 2.2.1. Perfil vertical de vuelo

El perfil horizontal (figura 2.2.2), se compone de segmentos de vuelo separados por puntos de paso o way points.

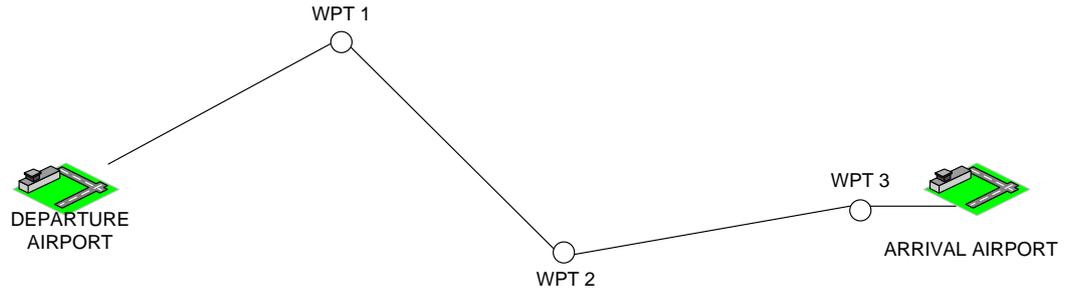


Figura 2.2.2. Perfil horizontal de vuelo.

Se observa que la unión de ambos perfiles proporciona la trayectoria global de la aeronave, sin embargo, la trayectoria global aún no está completamente definida. Para ello se definirán a continuación los elementos reguladores de la operación, a partir de los cuales se establecen los segmentos de vuelo unitarios, que unidos entre sí, formarán la trayectoria global tipo.

Indicar que al ser un problema global, se tienen condiciones impuestas al inicio y al final de la trayectoria (aeropuerto de salida y de llegada), el cálculo del TOD debe hacerse de forma iterativa al desconocerse a priori el peso de la aeronave al aterrizaje.

## 2.2.- ELEMENTOS REGULADORES DE LA OPERACIÓN AÉREA

Los elementos reguladores de la operación son un conjunto de restricciones recopiladas de las regulaciones aeronáuticas que obligan a la aeronave a cumplir una serie de pautas. Como se ha indicado previamente, no existe un único documento sino un conjunto de ellos de donde se extraen las siguientes restricciones.

- El [A11] establece que en espacios aéreos de tipo D, E, F, G para vuelos IFR, la velocidad máxima por debajo de 10.000ft AMSL será 250 KIAS. Cuando la altitud de transición sea inferior a 10.000 ft (AMSL) deberá de utilizarse el nivel de vuelo 100.
- Los manuales básicos de operación de las aeronaves [MBO], establecen las velocidades (MACH, CAS) de ascenso, crucero y descenso para planificación recomendados por el fabricante de la aeronave.
- El [DOC8168] establece los procedimientos para aproximación ILS que se concretará con los procedimientos específicos para cada aeropuerto.
- El [DOC8168] limita la posibilidad de realización de virajes después del despegue hasta una altura de 400ft.
- El [DOC8168] establece los procedimientos operativos de reducción de ruido a cumplir por todas las aeronaves para despegues en condiciones normales estandarizando la operación hasta los 3000 ft AGL. El perfil de vuelo deberá cumplir la figura 2.1.1.

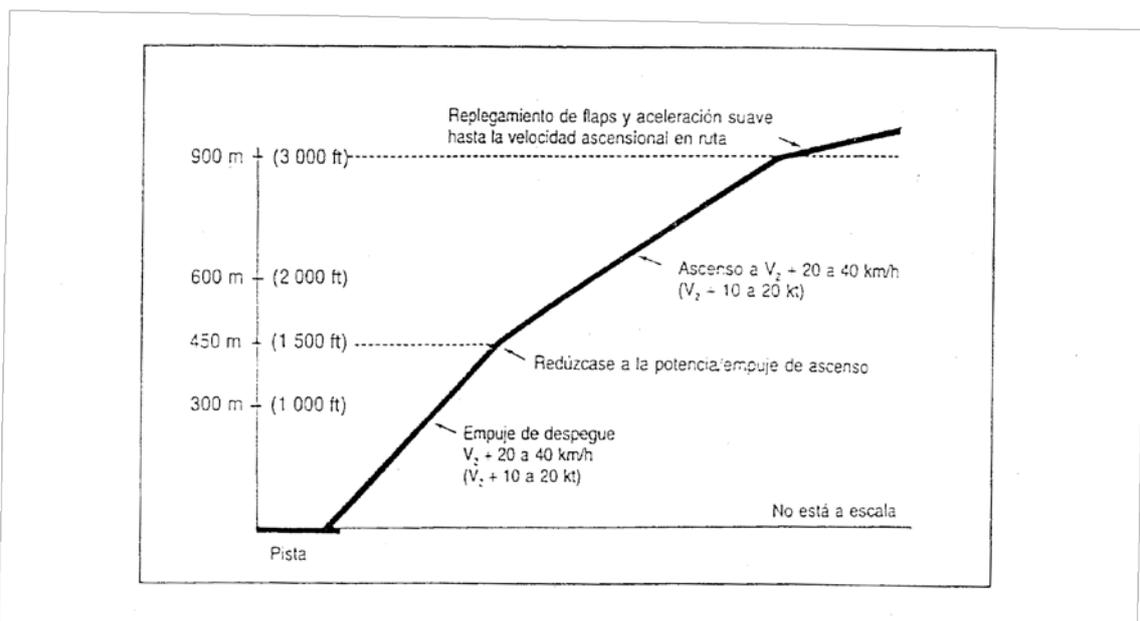


Figura 2.1.1. Procedimiento operativo de reducción de ruido tipo A.

## 2.3.- TRAYECTORIA GLOBAL TIPO

Una vez establecidos los elementos reguladores de la operación, es posible definir la trayectoria global tipo que estará compuesta por segmentos de vuelos unitarios. Cada segmento de vuelo tendrá un inicio y un final, los cuales quedan determinados mediante la utilización de eventos. Se denomina evento al valor concreto de velocidad, distancia, altura o way point que define el final de un segmento e inicio del siguiente. Por otra parte, cada segmento estará definido por 3 ligaduras que corresponden a los tres grados de libertad del modelo. Una ligadura quedará determinada por el rumbo constante para proceder de un way point a otro mediante una trayectoria loxodrómica, quedando por tanto las dos ligaduras restantes libres, y cuya elección diferenciará un segmento de vuelo de otro. Así pues, aparecerán discontinuidades en rumbos, al haber eliminado los virajes de la trayectoria global tipo, así como en el ángulo de asiento de la trayectoria, al unir segmentos de vuelos con distintas ligaduras (el cálculo del ángulo de asiento de la trayectoria al inicio de cada segmento se calculará forzando que su derivada sea cero). A continuación se indican los segmentos de vuelo que conforman la trayectoria global tipo, así como las ligaduras y eventos que la definen.

### Perfil vertical

El perfil vertical como se indicó en la trayectoria global se dividirá en tres fases: ascenso, crucero y descenso. En las Figuras 2.2.3 y 2.2.4 se representan cada uno de los segmentos de vuelo correspondientes a cada fase de vuelo.

#### Despegue y ascenso

El despegue se inicia en la cabecera pista con flaps de despegue, tren de aterrizaje extendido, y empuje máximo al despegue. Alcanzada la velocidad de lift off se acelera desde SLOF hasta  $VCAS = V2+15kt$ . Para ello se mantiene un ángulo de asiento de trayectoria constante, con empuje máximo de despegue, tren de aterrizaje extendido y flaps en configuración de despegue. Alcanzada  $VCAS = V2+15kt$  se iniciará un segmento a  $VCAS$  constante, empuje máximo de despegue, tren retraído y flaps en configuración de despegue. Cuando la altura sobre la elevación del aeródromo sea de 1500 ft se seleccionará empuje de subida máximo. Alcanzados 3000 ft sobre la elevación del aeródromo se iniciará de nuevo un tramo a altura constante que servirá para aumentar la  $VCAS$  hasta los 250 kt. Este tramo a altura constante se dividirá en dos etapas, una inicial con flaps en configuración de despegue hasta que se alcanza la velocidad de retracción de flaps ( $SF0$ , definida como un 10% superior a la velocidad de entrada en pérdida en configuración limpia) y un tramo posterior en configuración aerodinámica limpia, configuración que se mantendrá hasta el segmento de aterrizaje. Posteriormente, una vez que  $VCAS = 250kt$  se inicia un segmento manteniendo  $VCAS$  constante y empuje máximo de subida hasta que se alcanza 10000 ft donde se iniciará un tramo a altura constante en el que se aumentará la  $VCAS$  hasta alcanzar  $SCLB$ . Con empuje de subida y  $VCAS$  igual a  $SCLB$  se proseguirá ascendiendo. Bajo estas condiciones, a medida que se asciende el número de Mach irá aumentando, de forma que cuando se alcance  $MCLB$  se dejará de mantener  $VCAS$  constante para mantener el Mach de vuelo constante. El ascenso finalizará cuando se alcance el nivel de vuelo de crucero.