

CALCULO DE PESOS OPERATIVOS

RESUMEN SINOPTICO

Peso en vacío (de fábrica)

+



=

Peso en vacío (de entrega)

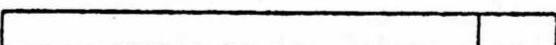
+



=

PESO BASICO

+



=

PESO OPERATIVO SECO (DRY OPERATING WEIGHT)

+

COMBUSTIBLE



=

PESO OPERATIVO

+

CARGA DE PAGO

=

PESO DE ESTACIONAMIENTO Y RODAJE (RAMPA)

-

CARGA DE COMBUSTIBLE

CARGA DE COMBUSTIBLE

=

PESO CON COMBUSTIBLE A CERO

↑
Comb. Reserva ↑
Comb. Consumido ↑
Comb. Rodaje

=

PESO DE ATERRIZAJE

=

PESO DE DESPEGUE

Limitaciones de Peso al Despegue del Avión

El peso de un avión, al efectuar su despegue, tiene que cumplir con las limitaciones impuestas por:

- Aeropuerto de despegue
- Requisitos de subida en el despegue
- Limitaciones en ruta
- Aeropuerto de aterrizaje
- La estructura del propio avión

Aeropuerto de despegue:

El aeropuerto de salida puede limitar el peso de despegue del avión debido a las condiciones meteorológicas y características de sus pistas, tales como longitud, resistencia del firme, pendiente elevación, temperatura y viento reinantes, obstáculos en la trayectoria de despegue, etc.

En cualquier caso, EL PESO REAL DE DESPEGUE NO DEBERÁ EXCEDER NUNCA AL MAXIMO DE DESPEGUE Y ESTE A SU VEZ AL MAXIMO ESTRUCTURAL DE DESPEGUE.

Requisitos de subida en el despegue:

El avión tiene que cumplir, durante el despegue, con una serie de requisitos mínimos de subida establecidos por O.A.C.I., definidos por gradientes en el caso de los aviones reactores y velocidad ascensional vertical para los de hélice, en todos y cada uno de los distintos segmentos que componen la senda de despegue, todos ellos perfectamente definidos por sus especiales características. Es, normalmente, el segundo segmento (que comienza al final de la retracción del tren) el más restrictivo dada su limitación. A título de ejemplo citaremos que en los aviones reactores bimotores el gradiente del segundo segmento deberá ser, como mínimo, de un 2,4%, mientras que el primero se requiere únicamente que sea positivo. Otro segmento que también pue de limitar, aunque no muy frecuentemente, es el denominado "segmento final".

Por consiguiente, la subida puede limitar perfectamente el peso de despegue aún cuando éste no estuviese penalizado inicialmente por la longitud de la pista del aeropuerto de salida.

Limitaciones en ruta:

El vuelo de un avión debe ser planificado de tal forma que, en el supuesto de que durante su ruta se hiciese inoperativo alguno de sus motores, su Techo de Servicio cumpliese con los márgenes de seguridad mínimos establecidos para realizar un vuelo seguro sobre terreno montañoso. Por consiguiente, el Techo de Servicio con motor inoperativo puede redundar perfectamente en una limitación del peso de despegue.

Aeropuerto de Aterrizaje:

Al igual que el aeropuerto de salida, el de destino puede asimismo limitar el peso de aterrizaje debido a la longitud de su (s) pista (s), resistencia de la misma, obstáculos en la dirección de la aproximación, temperatura, viento, etc.

En cualquier caso, EL PESO REAL DE DESPEGUE NO PODRA SER NUNCA SUPERIOR AL PESO MAXIMO DE ATERRIZAJE MAS EL COMBUSTIBLE CONSUMIDO.

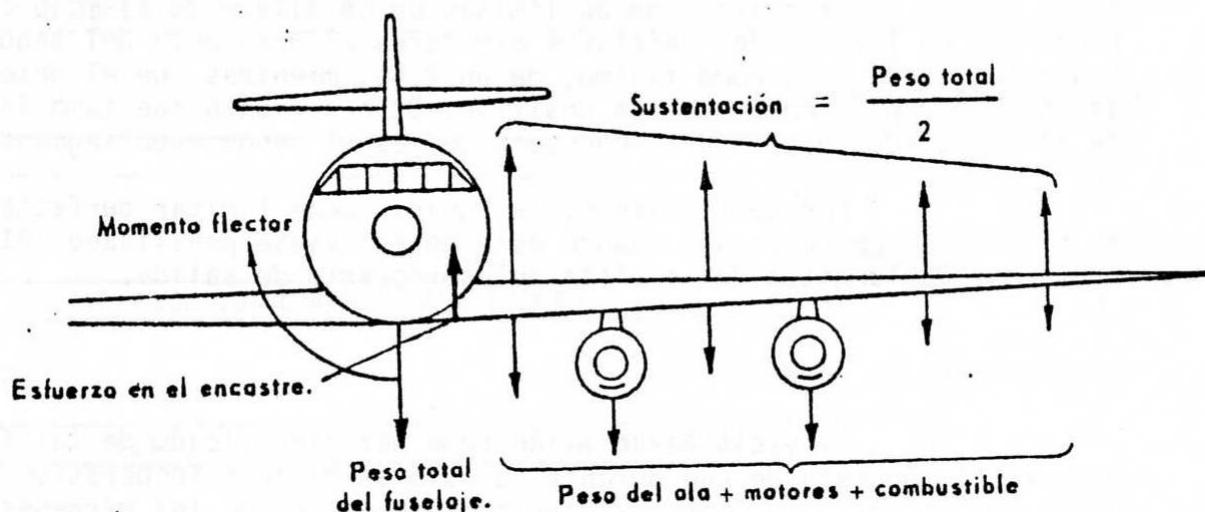
Limitaciones estructurales:

La carga total sobre las alas viene afectada por la fuerza de sustentación(carga aerodinámica) sobre las mismas, el peso de dichas alas, incluyendo el combustible, el peso del fuselaje con todo su contenido, la distribución del combustible al ser cargado y la secuencia de su consumo.

Peso Máximo con Combustible a Cero (M.Z.F.W.)

En vuelo horizontal, las alas están sometidas a dos tipos de fuerzas: La primera, dirigida hacia arriba, es la sustentación. La segunda, el peso total del avión (peso total del fuselaje, combustible, alas y motores) que está dirigida hacia abajo.

Como consecuencia de este sistema de fuerzas de distinto signo, la sección del encastre de las alas se verá sometida a un momento flector considerable, determinado por la fuerza resultante de dicho sistema. (Ver figura).



El esfuerzo producido en el encastre del ala en cualquier avión podría ser determinado según el siguiente ejemplo:

	<u>SIN COMBUSTIBLE</u>	<u>CON COMBUSTIBLE</u>
Peso del Fuselaje y su contenido	50.000 Kg	50.000 Kg
Peso de las alas incluyendo motores	30.000 Kg	30.000 Kg
Combustible cargado	0 Kg	20.000 Kg
 PESO TOTAL DEL AVION	 80.000 Kg	 100.000 Kg

$$\text{Sustentación del ala} = \frac{\text{Peso total del avión}}{2} = 40.000 \text{ Kg} \quad 50.000 \text{ Kg}$$

Peso total del ala (incluyendo motores y combustible) - 15.000 Kg - 25.000 Kg

ESFUERZO QUE REPERCUTIRA SOBRE EL ENCASTRE 25.000 Kg 25.000 Kg

En el ejemplo citado, el esfuerzo en el encastre del ala son 25.000 Kg, que corresponde al máximo permitido, el cual no podrá sobrepasarse bajo ningún concepto. Dicho esfuerzo incluye, claro está, los márgenes de seguridad correspondientes establecidos en el diseño del avión.

De lo expuesto se deduce que el Peso Máximo sin Combustible a Cero (M.Z.F.W.) para el avión del ejemplo son 80.000 Kg. Si este peso se excediese por cualquier circunstancia (por ejemplo al transportar demasiada carga comercial), se sobrepasaría, en consecuencia, el esfuerzo máximo permitido en el encastre del ala.

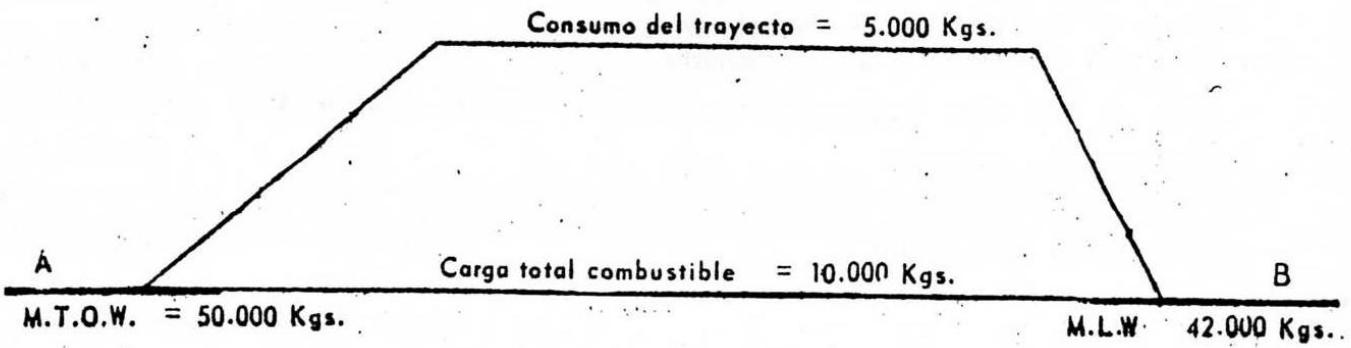
Por consiguiente, cualquier aumento de peso sobre el M.Z.F.W. tiene que corresponder a combustible distribuido en las alas. EL PESO REAL DE DESPEGUE NO PUEDE SER SUPERIOR AL M.Z.F.W. MAS EL COMBUSTIBLE CARGADO.

Peso Máximo Estructural de Despegue y Aterrizaje

Son pesos máximos establecidos en el diseño del avión a fin de proteger la estructura del mismo y son debidos principalmente a la resistencia del tren de aterrizaje y las alas.

Cálculo de la Carga de Pago Disponible

Supongamos que el avión de la figura va a realizar un vuelo de A a B y que tiene los siguientes datos: M.T.O.W. = 50.000 Kg; M.Z.F.W. = 39.000 Kg y M.L.W. = 42.000 Kg. Su Peso Operativo "Seco" es de 25.000 Kg. *(anexo)*



El peso de este avión está sujeto a los tres tipos de limitaciones siguientes:

- Peso Máximo de Despegue en A
 - Peso Máximo de Aterrizaje en B
 - Peso Máximo con Combustible a Cero

Peso Máximo de Despegue en A:

Este peso puede estar perfectamente restringido por las condiciones del aeropuerto (elevación, pendiente, longitud de pista, etc.) y meteorológicas (temperatura, viento).

Para conocer su limitación se consultarán las tablas de datos en aeropuerto del Manual de Vuelo correspondiente. Supongamos que en este caso no existe limitación, por lo que podríamos despegar, inicialmente, con el M.T.O.W. de 50.000 Kg.

Peso Máximo de Aterrizaje en B:

Al igual que el peso de despegue, el de aterrizaje está sujeto a otra serie de limitaciones ya expuestas en otro capítulo. En este caso, al consultar las tablas de limitaciones vemos que puede tomar tierra con el M.L.W. de 42.000 Kg.

Del plan de vuelo correspondiente, estimamos un consumo para la trayectoria A-B de 5.000 Kg. Supongamos ahora que hemos despegado de A con 50.000 Kg, luego obtendremos un peso de aterrizaje en B de $50.000 - 5.000 = 45.000$ Kg. Observaremos que con este peso de aterrizaje estamos sobrepasando la limitación del M.L.W. (42.000 Kg), luego realmente se tendría que despegar en A con un peso no superior a $42.000 + 5.000 = 47.000$ Kg.

Hasta ahora, hemos obtenido las siguientes limitaciones de peso en A:

- Un M.T.O.W. de 50.000 Kg
- Un M.L.W. en B de 42.000 Kg + 5.000 Kg de consumo = 47.000 Kg.

Es obvio que tendremos que escoger, por el momento, el más limitativo de los dos, es decir, 47.000 Kg para efectos del cálculo de la carga comercial. Pero existe, además, otra tercera limitación a considerar: el M.Z.F.W.

Peso Máximo con Combustible a Cero:

En otro capítulo ya hemos tratado la limitación estructural debida al M.Z.F.W. y sus razones. Por consiguiente, proseguiremos con el caso que nos ocupa considerando que la carga de combustible total para el vuelo (combustible consumido entre A y B + Reservas totales) son 10.000 Kg (obtenida del plan de vuelo).

Nuestro peso de despegue permisible sería, de momento, de:

$$\text{M.Z.F.W.} = 39.000 \text{ Kg}$$

$$\begin{array}{r} \text{Carga Comb=} \quad 10.000 \text{ Kg} \\ \hline 49.000 \text{ Kg} \end{array}$$

Pero anteriormente hemos tenido una limitación (debida al aterrizaje) de 47.000 Kg, que será la que definitivamente prevalezca a efectos de peso máximo permisible de despegue y, por consiguiente, para el cálculo de la carga de pago máxima.

Recordando una vez más que:

- El peso real de despegue no podrá exceder nunca al peso máximo de despegue.
- El peso real de despegue no podrá ser nunca superior al peso máximo de aterrizaje más el combustible consumido.
- El peso real de despegue no podrá exceder nunca al peso máximo con combustible a cero más el combustible cargado.

Tendremos:

M.T.O.W.		50.000 Kg
M.Z.F.W.		39.000 Kg
Carga de Combustible	+10.000 Kg	49.000 Kg

M.L.W.	42.000 Kg
Consumo de Combust. + 5.000 Kg	<u> </u> 47.000 Kg

A partir del peso permisible de despegue de 47.000 Kg obtendremos la máxima carga de pago disponible. A saber:

Peso Operativo "Seco" del avión	25.000 Kg
Carga de Combustible (menos rodaje)	<u> </u> 10.000 Kg
Peso Operativo	35.000 Kg

Luego,

Peso permisible de despegue	47.000 Kg
‐ Peso Operativo	<u> </u> -35.000 Kg
CARGA DE PAGO MAXIMA DISPONIBLE PARA EL VUELO	12.000 Kg

En este caso particular, la carga de pago máxima permisible ha sido debida a la limitación impuesta por el M.L.W., pero podría haber estado restringida por el M.T.O.W. o el M.Z.F.W. como veremos a continuación:

Seguiremos con el mismo ejemplo, pero ahora considerando que tenemos una limitación de peso al despegue en el aeropuerto A. debido a su longitud de pista, de 45.000 Kg:

M.T.O.W.	45.000 Kg
M.Z.F.W.	39.000 Kg
Carga de Combustible	10.000 Kg
<u> </u>	49.000 Kg
M.L.W.	42.000 Kg
Consumo de Combustible	<u> </u> 5.000 Kg
	47.000 Kg

Luego nuestro peso máximo permisible de despegue, en este caso, sería de 45.000 Kg ya que es el más limitativo de los tres obtenidos anteriormente. En este caso, la carga de pago máximo será:

Peso permisible de despegue	45.000 Kg
‐ Peso Operativo	<u> </u> -35.000 Kg
CARGA DE PAGO MAXIMA DISPONIBLE PARA EL VUELO	10.000 Kg

Consideremos ahora que este vuelo va a realizarse con los depósitos exteriores (próximos a la punta del ala) vacíos, por lo que el nuevo M.Z.F.W. será por ejemplo, 32.000 Kg, luego:

M.Z.F.W.	32.000 Kg
Carga de Combustible	10.000 Kg
	42.000 Kg

La limitación, en este caso, viene impuesta por el M.Z.F.W., ya que obtenemos el peso más limitativo. La carga comercial máxima disponible será:

M.Z.F.W.	32.000 Kg
+ Peso Operativo "Seco" del avión	25.000 Kg
	7.000 Kg

CARGA DE PAGO MAXIMA DISPONIBLE PARA EL VUELO 7.000 Kg

NOTA: Si esta limitación por M.Z.F.W. hubiese sido obtenida con el peso máximo con combustible a cero de 39.000 Kg, calro está, considerando distinta carga y consumo de combustible de los citados en el problema, la carga de pago resultante correspondería a la máxima que podría obtenerse para este avión en particular. Para ajustarse a un solo enunciado del problema, ha sido necesario hacer una reducción de M.Z.F.W. considerando que cuando ciertos aviones - por ejemplo, el Caravelle - se operan con los tanques exteriores vacíos, es necesario reducir el M.Z.F.W. a fin de no sobrepasar el momento flector máximo permisible del encastre del ala.