

1
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**“EFECTOS DE LAS LONGITUDES DE PISTA EN
LA PLANEACION DE AEROPUERTOS”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A

FERNANDO ACERO HERNANDEZ

MEXICO, D. F.

1991



FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION	1
 CAPITULO II CONCEPTOS DE MECANICA DE VUELO	
2.1 DIMENSIONES Y PARTES DE LAS AERONAVES	4
2.2 CONTROLES ESTATICOS Y DINAMICOS	4
2.3 SISTEMA DE PROPULSION	6
2.4 DISTRIBUCION DE LA CARGA EN EL TREN DE ATERRIZAJE	8
2.5 CLASIFICACION DE PISTAS	8
 CAPITULO III PROCESOS DE DESPEGUE Y ASCENSO	
3.1 CONCEPTOS GENERALES	11
3.2 PROCEDIMIENTOS DE DESPEGUE	13
3.3 PROCEDIMIENTOS DE ASCENSO	20
 CAPITULO IV PROCESOS DE APROXIMACION Y ATERRIZAJE	
4.1 RADIOAYUDAS PARA LA NAVEGACION	22
4.2 RADIOAYUDAS PARA LA APROXIMACION	25
4.3 ESPACIOS AEREOS	32
4.4 PROCESOS DE APROXIMACION	36
4.5 PROCESOS DE ATERRIZAJE	44

**CAPITULO V
ANALISIS DE MASAS DE DESPEGUE Y ATERRIZAJE**

5.1	COMPOSICION DE LA MASA DE LA AERONAVE	46
5.2	CUANTIFICACION DE COMBUSTIBLE	47
5.3	MASA DE ATERRIZAJE	49
5.4	MASA DE DESPEGUE	

**CAPITULO VI
METODOS DE CALCULO DE LONGITUDES DE PISTA**

6.1	FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CALCULO DE LONGITUDES DE PISTA	53
6.2	METODO DE CORRECCIONES SUGERIDO POR LA OACI	59
6.3	METODO USANDO MANUALES DE VUELO	62

**CAPITULO VII
REPERCUSSIONES EN EL PROYECTO**

7.1	CONCEPTOS GENERALES EN EL PROYECTO	69
7.2	CONCEPTOS GENERALES SOBRE CONSTRUCCION DE PISTA PARALELA	70
	CONCLUSIONES	72
	REFERENCIAS	74

I N T R O D U C C I O N

En vista de la función vital que desempeñan las pistas así como también algunos elementos conexos de éstas, conferir seguridad y eficiencia al aterrizaje y despegue de las aeronaves, es imprescindible que al proyectarse esas instalaciones y servicios se tengan en cuenta las características operacionales y físicas de los aviones que habrán de utilizar las pistas, a la par que consideraciones de ingeniería y de orden económico.

A fin de proporcionar orientación a los planificadores de aeropuertos y cierto grado de uniformidad en las instalaciones de aterrizaje de los aeropuertos. Cualquier de los criterios que involucren anchuras y pendientes de las pistas y otras características del área de aterrizaje, han de tener en cuenta las amplias variaciones del comportamiento de las aeronaves, de las técnicas de pilotaje y las condiciones meteorológicas.

El presente trabajo cuenta con los siguientes capítulos :

- Conceptos de Mecánica de Vuelo

- Procesos de Despegue y Ascenso
- Procesos de Aproximación y Aterrizaje
- Análisis de Masas de Despegue y Aterrizaje
- Metodos de Calculo y Longitudes de Pista
- Repercusiones en el Proyecto.

En dicho trabajo se estudia desde el comportamiento de la aeronave; sus propiedades físicas. Así como las maniobras que tienen que realizar para el despegue en toda su gama de opciones; y en el aterrizaje que también tiene sus complicaciones y por lo tanto debe de ser considerado en el estudio mismo de la longitud de pista.

Otro punto a considerar son las Masas de Despegue y Aterrizaje; en donde se tiene que dar a conocer como se compone el peso del avión, y que tanto se puede disponer de la carga pagada y el peso del combustible. En tanto con estos resultados; ya sabemos el peso del avión al momento de su despegue y aterrizaje; que nos ayudara al calculo estructural de la pista.

Por otra parte se dan a conocer los metodos más usados en el calculo de longitudes de pista. Esta parte es una de las más importantes, ya que la longitud de pista nos ayudara o afectara en el proyecto general.

CAPITULO II

CONCEPTOS DE MECANICA

DE VUELO

- 2.1 DIMENSIONES Y PARTES DE LAS AERONAVES
- 2.2 CONTROLES ESTATICOS Y DINAMICOS
- 2.3 SISTEMA DE PROPULSION
- 2.4 DISTRIBUCION DE LA CARGA EN EL TREN DE ATERRIZAJE
- 2.5 CLASIFICACION DE PISTAS

2.1 DIMENSIONES Y PARTES DE LAS AERONAVES

Para planificar las instalaciones y servicios de un aeropuerto resulta esencial conocer las características generales de las aeronaves que lo van a servir.

En la figura 2.1 se muestran las dimensiones de las aeronaves y los diferentes tipos de tren de aterrizaje.

2.2 CONTROLES ESTATICOS Y DINAMICOS

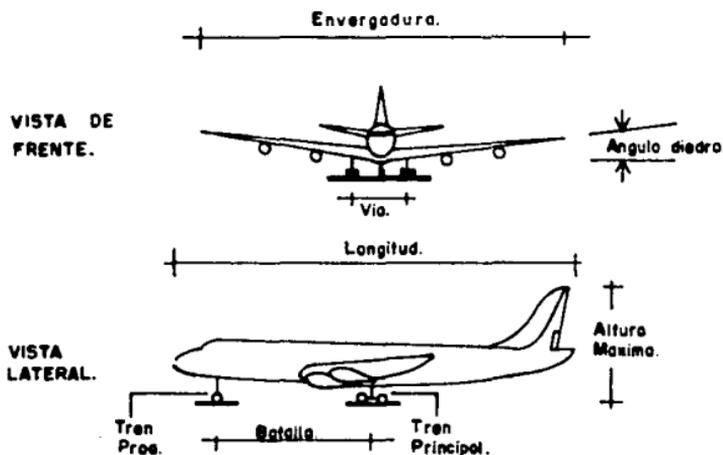
Comenzaremos por mencionar los tipos de controles con lo que cuenta la aeronave : (Fig. 2.2)

- a) Controles Estáticos, y
- b) Controles Dinámicos.

Los controles estáticos son las partes fijas y sirven para mantener a la aeronave recta y nivelada. Para mencionar estos controles nos referimos a los ejes : Longitudinal, Transversal y Vertical del avión.

Para el Eje Longitudinal; la parte que nos va ayudar a mantener nivelada a la aeronave; son practicamente las alas, pero estas alas forman un angulo donde estan empotradas con el cuerpo de la aeronave, este se llama angulo diedro, de el depende la estabilidad de la aeronave.

Para el Eje Transversal, el componente que sirve para evitar el giro en este eje es el estabilizador horizontal; que se encuentra en la parte trasera del avión. Este estabilizador es representado por dos pequeñas alas que van en la cola de la aeronave.



NUMERO DE RUEDAS EN EL TREN PRINCIPAL.

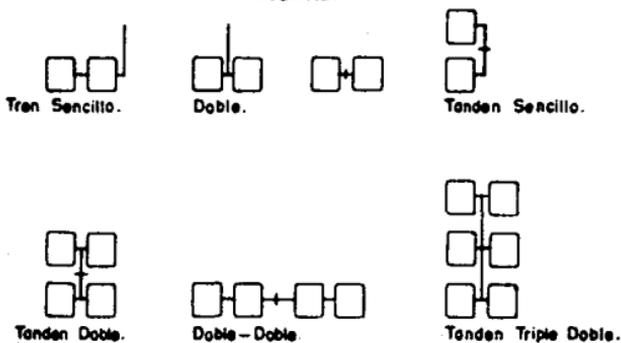


FIG. 2.1

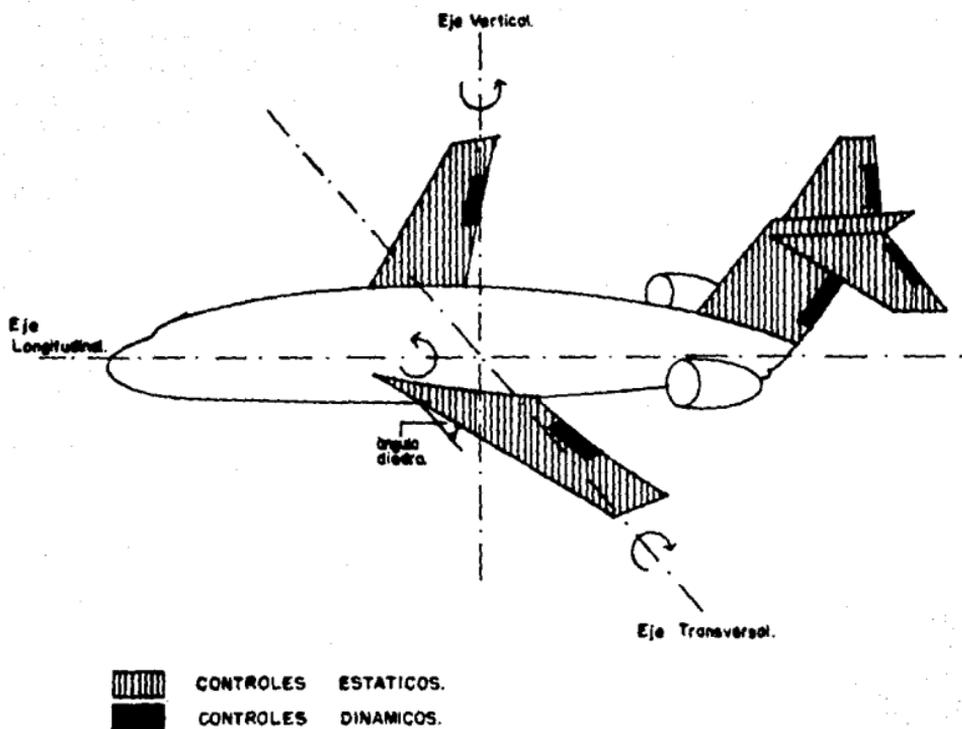


FIG. 2.2

En el Eje Vertical se tiene el timon direccional, este se encuentra en la cola de la aeronave, que nos permite mantener al avión sin girar en torno a este eje.

Los Controles Dinámicos son para permitir los giros en los diferentes ejes; desde el momento en que la aeronave se encuentra en sustentación; es decir una vez que ha despegado de la pista.

Dichos controles están diseñados para que la aeronave cambie de curso o dirección. También pueden ayudar a que la aeronave aumente su velocidad; y por el otro lado; sirven de igual manera como dispositivo de frenado.

En el Eje Longitudinal se tienen los alerones; que se encuentran en la parte trasera de las alas. Dependiendo el tipo de aeronave es el grado de libertad que tienen para su movimiento.

En el Eje Transversal se cuenta con los elevadores o también se le nombra Timon de Profundidad; se encuentra en la cola de la aeronave.

En el Eje Vertical se encuentra una parte que se llama aleta direccional o Timon Vertical; también está en la cola de la aeronave.

2.3 SISTEMA DE PROPULSION

Por otra parte debemos conocer el tipo de propulsión y el medio generador de empuje. De los cuales existen tres tipos de motores; por así decirlos.

Uno de los más antiguos es el: " motor de embolo" es utilizado por las aeronaves propulsadas por hélice, alimentadas con gasolina. La mayoría de las aeronaves pequeñas de la aviación general están equipadas con motores de este tipo.

El motor de "turbohélice" se refiere a las aeronaves propulsadas por hélice, con motores de turbina. Algunas aeronaves bimotoras de la aviación general y unas pocas de la línea aérea, de tiempo atrás, llevan motores de este tipo.

El motor "turbo reactor" se refiere a aquellas aeronaves que no dependen de hélices para su propulsión, pero que obtienen el empuje directamente de un motor de turbina. Las aeronaves reactoras de línea aérea precedentes, especialmente el DC-8 tenían motores turbo reactores, pero estos fueron eliminados por motores turboaspirados, principalmente debido a que estos últimos son mucho más económicos. Cuando se añade un ventilador al frente o a la parte posterior de un motor turbo reactor este se le conoce con el nombre de "turbofan" o turboaspirado. La mayor parte de los ventiladores se instalan al frente del motor principal. El ventilador puede concebirse como una hélice de pequeño diámetro propulsada por la turbina del motor principal. Casi todas las aeronaves de transporte de las líneas aéreas cuentan actualmente con motores turboaspirados por la razón anteriormente descrita.

En las dos últimas décadas ha aumentado enormemente el tamaño, velocidad y productividad de los aviones. La aparición de los aviones de reacción en el transporte a finales de los años cincuenta significó un enorme paso en lo relativo a productividad, peso y velocidad. Desde entonces fue aumentando gradualmente el tamaño del avión, hasta llegar al Boeing 747, a finales del año 1969, avión que dio una transición considerable en tamaño.

En cuanto al aumento de velocidad en aviones subsónicos, este ha sido de poca consideración. Con la introducción del transporte supersónico se produjo de nuevo otra importante transición en velocidad. En general la velocidad de los reactores subsónicos es dos veces la de los aviones de motor de émbolo de finales de los años cincuenta, mientras que la velocidad del primer avión de transporte supersónico es, a su vez, alrededor de dos veces la de los reactores subsónicos.

El peso de los aviones ha aumentado considerablemente, pasando de los casi 9,000 kg a cerca de los 363,000 kg es decir 40 veces más. Y no se necesita de ninguna otra tecnología nueva para llegar a un peso de 450,000 kg; el único factor que limite este aumento son los aeropuertos.

La productividad de aviones en terminos de toneladas /kilometros por hora ha aumentado notablemente desde la época del DC-3, la productividad de dicho avión es de 648 Ton-Km/hr (introducido en 1953) y la de un DC-7 (aparecido en 1953) es de 5,000 Ton-Km/hr, la del 707-120 (introducido en 1959) es de 15,760 Ton-Km/hr y la del 747 (aparecido en 1969) es de 71,300 Ton-Km/hr.

De lo anterior deducimos que en poco menos de cuarenta años el aumento de productividad ha sido 100 veces mayor. El promedio de productividad se obtiene multiplicando el promedio de carga que el avión puede transportar por su velocidad de crucero.

2.4 DISTRIBUCION DEL PESO EN EL TREN DE ATERRIZAJE

Para efectos del calculo estructural de las pistas; nos interesa conocer la distribucion de la carga entre el tren de aterrizaje principal y el de proa. Dicha distribucion depende del tipo del avion y del punto donde se encuentra el centro de gravedad de la aeronave. Por lo que la distribucion entre los dos trenes de aterrizaje no es una constante. Pero al momento de proyectar el pavimento de la pista se hace la hipotesis que el tren de aterrizaje de proa carga entre el 5 y 10% del peso total de la aeronave y el resto es repartido entre el tren de aterrizaje principal. Para efectos de calculo se considera el 95% del peso para el tren de aterrizaje principal.

2.5 CLASIFICACION DE PISTAS

Cuando se quiera referirse a un determinado aerodromo; se utilizan claves. El propósito de la clave de referencia es proporcionar un método simple para relacionar entre si las numerosas especificaciones concernientes a las características y dimensiones de los aviones. El elemento 1 es el numero basado en la longitud de campo minima necesaria para el despegue con el peso máximo de despegue a nivel del mar y en condiciones estandar. El elemento 2 es una letra basada en la envergadura del avion y en la anchura exterior de las ruedas del tren de aterrizaje principal; se selecciona la letra de la clave que corresponda a la envergadura mayor o a la anchura exterior más elevada entre ruedas del tren de aterrizaje principal; tomando de las dos, la que de el valor mas critico para la letra de clave de los aviones para los que se destina la instalacion. Para determinar el numero y clave de referencia; se escoge el avion más critico que vaya a servir el aerodromo.

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE

ELEMENTO 2 DE LA CLAVE

Núm. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal
1	Menos de 800m	A	Hasta 15m (exclusive)	Hasta 4.5m (exclusive)
2	Desde 800 hasta 1.200m(exclusive)	B	Desde 15 hasta 24m(exclusive)	Desde 4.5 hasta 6m(exclusive)
3	Desde 1.200 hasta 1.800m(exclusive)	C	Desde 24 hasta 36m(exclusive)	Desde 6 hasta 9m (exclusive)
4	Desde 1.800m en adelante	D	Desde 36 hasta 52m(exclusive)	Desde 9 hasta 14m(exclusive)
		E	Desde 52 hasta 60m(exclusive)	Desde 9 hasta 14m(exclusive)

CAPITULO III

PROCESOS DE DESPEGUE

Y ASCENSO

3.1 CONCEPTOS GENERALES

3.2 PROCEDIMIENTOS DE DESPEGUE

3.2.1 PISTA BALANCEADA

3.2.2 PRIMER CASO DESPEGUE CON TODOS LOS MOTORES

3.2.3 SEGUNDO CASO FALLA DE MOTOR Y SE OPTA POR PARAR

3.2.4 TERCER CASO FALLA DE MOTOR Y SE CONTINUA EL DESPEGUE

3.3 PROCEDIMIENTO DE ASCENSO

3.1 CONCEPTOS GENERALES

Antes de examinar los procesos de despegue y ascenso, es necesario explicar los términos operacionales siguientes :

a) La Velocidad de Decisión (V_1) es la velocidad escogida por el fabricante en la cual se supone que el piloto, al percibirse del fallo del motor crítico, decide proseguir el despegue o iniciar la aplicación del primer dispositivo retardador. Si el fallo de los motores ocurre antes de alcanzar la velocidad de decisión, el piloto deberá parar, si el fallo ocurre después, el piloto debe proseguir el despegue. Como regla general, se selecciona una velocidad segura de despegue. No obstante, debería ser superior a la velocidad menor en la cual el avión todavía puede ser controlado en tierra o cerca de ella en caso de fallo del grupo motor más crítico; esta velocidad (V_1) debería corregirse en el manual de vuelo del avión.

b) La Velocidad Segura de Despegue (V_2) es la velocidad mínima a la que se permite ascender al piloto después de alcanzar la altura de 10.7m (35 pies) para mantener por lo menos la pendiente ascensional mínima requerida sobre la superficie de despegue con un grupo motor inactivo.

c) La Velocidad de Rotación (V_{RP}) es la velocidad en la que el piloto inicia la rotación del avión a fin de levantar el tren de aterrizaje de proa.

d) La Velocidad en el Punto de Despegue (V_{LOF}) expresada como velocidad aérea calibrada, es la velocidad en que el avión entra en sustentación en el aire.

Por otra parte, debemos considerar las disposiciones de la Federal Aviation Regulations (FAR), porque todos los aviones dedicados al transporte deben de tener licencia y operar de acuerdo a un código conocido con el nombre de FAR. Las disposiciones correspondientes a los aviones con motor de pistón, consideran el

caso más general al establecer las longitudes necesarias de pista para las operaciones seguras de las aeronaves. Dicho caso es : Despegue con un posible fallo de motor, de lo que se deduce que se necesita suficiente pista que permita al avión continuar el despegue a pesar de pérdida de potencia ó incluso frenar llegando a parar sin salirse de la pista.

En cuanto a las disposiciones que regulan las aeronaves que utilizan turbinas; en sus puntos principales es igual al caso anterior, aunque se ha añadido un segundo criterio y que se refiere al caso de despegue con todos los motores, por lo que la pista debe de tener suficiente longitud que permita las posibles variaciones en las técnicas de despegue que admite esta familia de aviones, debido a sus características. Ya que depende en gran parte el tipo de aeronave; porque la longitud que necesita una pequeña aeronave de 80 ton. no es la misma a la que necesitará una aeronave de 350 ton. aun contando con sus 4 motores. Esta particular regulación, se impone cada día más como maniobra normal de despegue, ya que el fallo de motor es poco frecuente.

Antes de mencionar el caso de falla de un motor, explicaremos un poco más sobre la velocidad de decisión, dicha velocidad no es fija para un avión, pero el piloto puede elegirla, dentro de los límites compatibles con los valores utilizables de la distancia disponible de la aceleración-parada, la masa de despegue del avión, las características de la pista y las condiciones atmosféricas reinantes en el aeródromo. Normalmente, se elige una velocidad de decisión más alta, que la velocidad (V1) especificada por el manual del avión; cuando la distancia disponible de la aceleración-parada es más grande.

Pueden obtenerse diversas combinaciones de la distancia de aceleración-parada requerida y de distancia de despegue requerida que se acomoden a un determinado avión, teniendo en cuenta la masa de despegue del avión, las características de la pista y las condiciones atmosféricas reinantes. Cada combinación requiere su correspondiente longitud de recorrido de despegue.

3.2 PROCEDIMIENTOS DE DESPEGUE

3.2.1 PISTA BALANCEADA

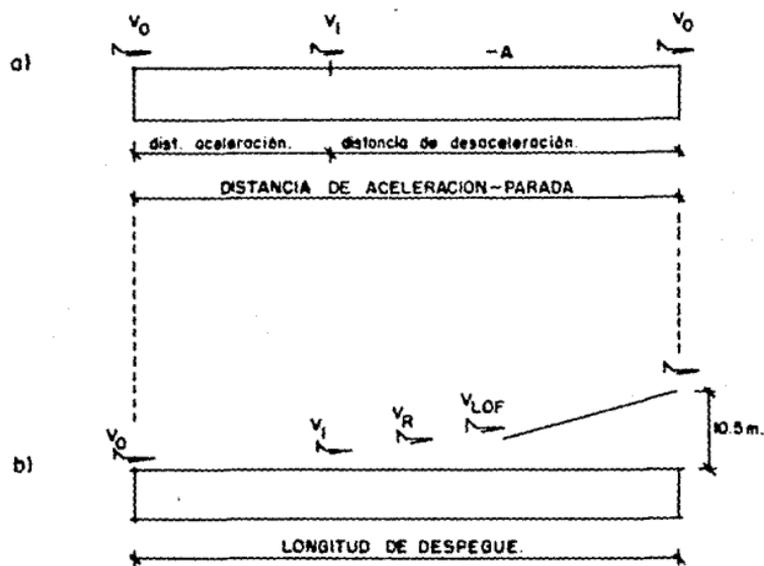
Este caso es cuando la velocidad de decisión es tal que la distancia de despegue requerida es igual a la distancia de aceleración-parada requerida; este valor se conoce como "Longitud de Campo Compensado o Pista Balanceada" (fig. 3.1). Cuando no se dispone de zona de parada ni de zona libre de obstáculos, esas distancias son ambas iguales a la longitud de pista. Sin embargo, si por el momento se prescinde de la distancia de aterrizaje; la pista no debe constituir esencialmente la totalidad de la longitud de campo compensado, ya que el recorrido de despegue requerido es menor, por supuesto que la longitud de campo compensado. Por lo tanto, la longitud de campo compensado puede añadirse a una pista suplementada con una zona libre de obstáculos y una zona de parada de igual longitud en lugar de estar constituida en su totalidad, únicamente por la pista balanceada. Si la pista se utiliza para el despegue en ambos sentidos, ha de proveerse en cada extremo de la pista una longitud igual de zona libre de obstáculos y zona de parada.

El concepto de longitud de pista compensada tiene más interés cuando las pistas son cortas, y son utilizadas por aviones de hélice. Para los aviones a turbina la selección de V_L , no está tan influida por la longitud de la pista, ya que interviene la existencia de zona de parada y zona libre de obstáculos.

Por esta razón es necesario comprender las relaciones que existen entre V_L y los diferentes componentes de la distancia de despegue y de aceleración-parada. Al aumentar la velocidad V_L , la distancia de despegue se hace más corta, ya que el avión se aprovecha de la aceleración obtenida en el recorrido efectuado para realizar el despegue con todos los motores, pero la distancia de aceleración-parada se hace correspondientemente mayor, (como se ilustra en la figura 3.2).

PISTA BALANCEADA.

FALLA DE UN MOTOR.



L.D. = D.A.P. \Rightarrow P.B.

FIG. 31

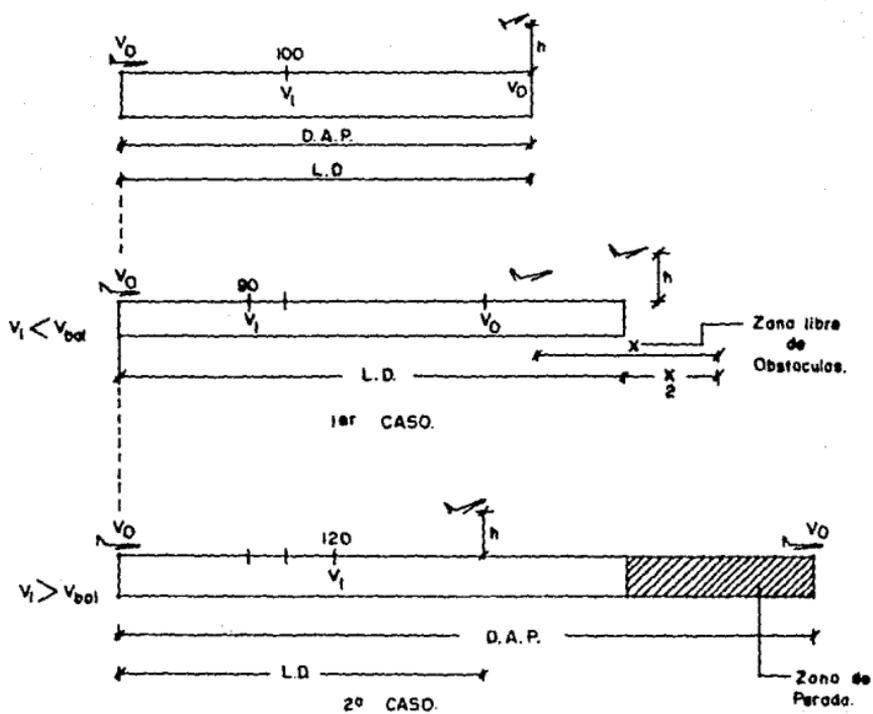


FIG. 3.2

Para los procedimientos de despegue existen tres diferentes casos :

- 1.- Despegue con todos los motores.
- 2.- Cuando se inicia el despegue y falla el motor ; el piloto decide pararse.
- 3.- Cuando se inicia el despegue y falla el motor; el piloto decide continuar el ascenso.

3.2.2 PRIMER CASO DESPEGUE CON TODOS LOS MOTORES :

El piloto se encuentra en el extremo de la pista; comienza su despegue sin ningún problema.

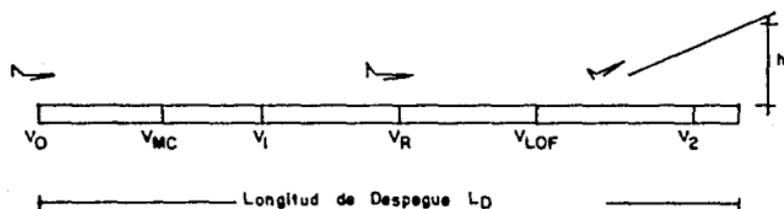
Primero alcanzando la velocidad mínima de control; que con esta el avión responde a los controles dinámicos.

Segundo Paso; la aeronave toma la Velocidad de Decisión (V1); y como todos los motores trabajan adecuadamente; se prosigue el despegue.

Tercero; el piloto aumenta la potencia para obtener la Velocidad de Rotación (V_R); con la cual el avión empieza a elevarse al mismo tiempo, el piloto levanta el tren de aterrizaje de proa. Una vez iniciado el levantamiento de la aeronave y sin ningún problema con los motores; el avión alcanza la velocidad de sustentación (V_{LOF}); por lo que la aeronave se encuentra a una altura muy próxima a los 10.7 m (35 pies) si es de turbina. Estando en este punto se considera positivo el ascenso y continua el despegue sin contratiempos.

Observando la figura 3.3; se apreciará mejor las etapas del ascenso; en el caso de Despegue con todos los motores.

DESPEQUE CON TODOS LOS MOTORES.



$h = 15\text{m. hélice}$
 13.5m. turbina.

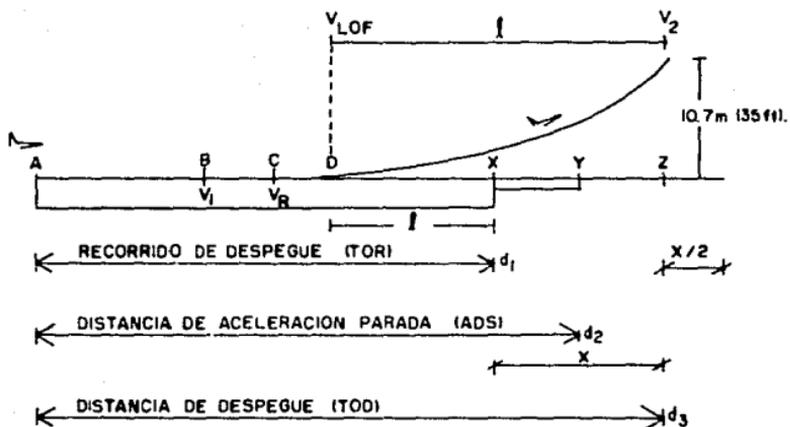
FIG. 3.3

3.2.3 SEGUNDO CASO FALLA DE UN MOTOR Y SE OPTA POR PARAR

Refiriendonos en la fig. 3.3 b, que muestra el caso de un avión parado en el extremo A, de entrada de una pista, el piloto inicia el despegue, el avión acelera y se aproxima a la velocidad de decisión (V_1) en el punto B. Se supone que sobreviene un fallo repentino y completo de los motores del que se percata el piloto en el momento de alcanzar la velocidad de decisión (V_1). Por lo que el piloto puede frenar hasta que el avión se detenga en el punto Y (la distancia de aceleración-parada).

Las distancias de despegue y de aceleración-parada con un motor inactivo variarían según la velocidad de decisión seleccionada (V_1). Si se reduce la velocidad de decisión (V_1), también se reduce la distancia al punto B, y lo mismo sucede con la distancia de aceleración-parada; pero las distancias del recorrido de despegue y de despegue se ven aumentadas puesto que gran parte de la maniobra de despegue se realiza con un motor inactivo.

Como se mencionó anteriormente, el caso de falla de motor requiere que exista una distancia suficiente para poder parar el avión en lugar de efectuar el despegue. Esta distancia se conoce con el nombre de "Distancia de Aceleración-Parada". Por esta razón, para los aviones de hélice, se utilizará normalmente pavimento resistente; en cambio en el caso de aviones con turbina, las disposiciones (FAP) dicen que resulta mucho más raro que se frustre un despegue y que por lo tanto ello permite el uso de "zonas de parada", incluida en la distancia de aceleración-parada, pasado el recorrido de despegue. La zona de parada se define como "área situada más allá de la pista, con una anchura no inferior a la misma y siguiendo su mismo eje y que ha sido designada por las autoridades del aeropuerto para utilizarla como zona de desaceleración de la aeronave durante un despegue frustrado. En tal sentido, la zona de parada debe estar capacitada para poder soportar a la aeronave en el caso de un despegue frustrado sin que se produzcan daños en la estructura de la misma".



MOTOR CRITICO INACTIVO

FIG. 3.3b

Resulta evidente que tanto la distancia de despegue como la de aceleración-parada dependerán de la velocidad que el avión lleve cuando se produzca el fallo del motor. La velocidad a la que se presume que el motor va a fallar es la que el fabricante del avión denomina como " velocidad de decisión V_1 ". Si realmente un motor falla antes de que se consiga esta velocidad, el piloto debe frenar y lograr parar la aeronave.

3.2.4 TECER CASO FALLA DE UN MOTOR Y CONTINUA EL DESPEGUE.

Aquí partimos, si un motor fallara después de haberse alcanzado la velocidad de decisión (V_1), el avión tendría la velocidad y potencia suficientes para concluir el despegue con seguridad en la distancia disponible de despegue restante. No obstante, debido a la gran velocidad, sería difícil detener el avión en la distancia de aceleración-parada disponible restante.

Cuando el piloto prefiere seguir acelerando hasta que alcance la velocidad de rotación (V_R) en el punto C (refiriéndonos a la fig. 3.3b) empuje con el cual cobra altura a la velocidad real del punto de despegue (V_{LOF}) en el punto D, tras lo cual el avión llega al extremo del recorrido de despegue en el punto M y prosigue hasta la altura de 10.7m (35 pies) al final de la distancia de despegue, en el punto Z.

En este caso cuando falla el motor, la disposición específica es que la distancia de despegue sea la distancia real que permite alcanzar una altura de 10.7m sin aplicar ningún porcentaje de potencia, como en el caso de despegue con todos los

motores. Esto pone de relieve la poca frecuencia de este caso. Las disposiciones permiten de nuevo el uso de una zona libre de obstáculos, en este caso, hasta la mitad de la diferencia entre la distancia d_1 y d_2 hasta el punto de despegue; el resto ha de ser pavimento resistente. (Fig. 3.3b).

Las disposiciones que regulan el caso de aviones con motores de hélice, exigen siempre que la pista este pavimentada en la distancia total de despegue.

REQUERIMIENTOS PARA EL DESPEGUE EN AVIONES DE TURBINA CASO DE FALLO DE MOTOR

Basandonos en la fig. 3.4; nos damos cuenta que cuando se utilizan zonas libres de obstáculos y zonas de parada, pueden darse diferentes alternativas :

- 1.- Si se selecciona la misma velocidad V_1 que para el caso de pista compensada, las longitudes de libre de obstáculos y de parada resultan iguales. Esto significaría que la pista (indicada como L_{u1} en la fig. 3.4) podría acortarse una distancia igual a la de la zona libre de obstáculos, pero habría que construir una zona de parada.
- 2.- Otra alternativa es elegir V_1 tal que compense la distancia de aceleración-parada con la del recorrido de despegue. En este caso, la pista se convierte en L_{u2} , que es menor que L_B y no se necesita zona de parada. De esta manera se ha acordado la longitud de la pista.
- 3.- Otra alternativa más es la de elegir una velocidad V_1 ligeramente alta con objeto de

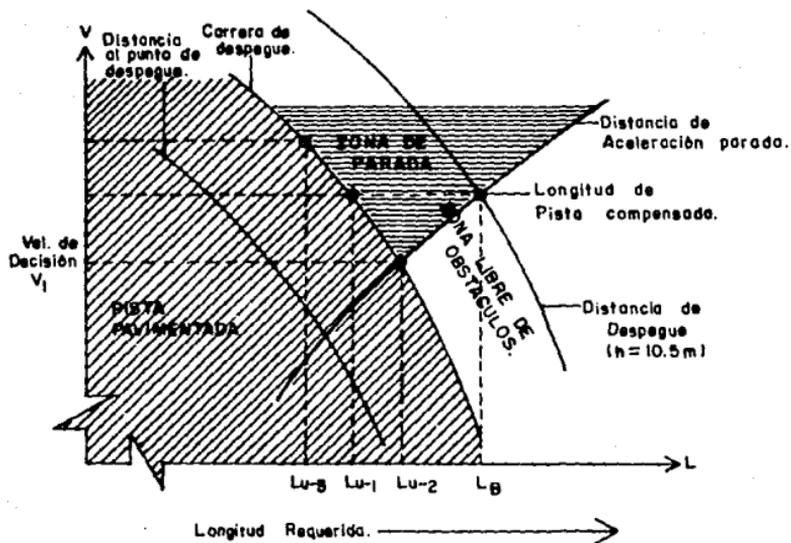


FIG. 3.4

reducir la distancia de despegue, pero cuando se hace esto, se incrementa ampliamente la distancia de aceleración-parada. En este caso, la longitud de la pista resulta ser L_u, pero hay que tener en cuenta lo que sucede a la distancia de aceleración-parada. Esta alternativa puede ser ventajosa para las operaciones a realizar en los aeropuertos con obstáculos cerca del final de la pista.

3.3 PROCEDIMIENTO DE ASCENSO

Los requisitos para la elevación o ascensión de un avión así como los correspondientes al despegue de obstáculos, son demasiado complejos, para poder describirlos con detalle, por lo que nos basaremos en la fig. 3.5, en la cual se hace un resumen de los requisitos necesarios.

Las disposiciones en cuanto a ascensión se refiere; corresponden a la llamada "Trayectoria de Despegue", que comprende desde el punto en que el avión ha alcanzado una altura de 10.7 m, sobre la superficie de la pista (con un motor parado) hasta el punto en que llega alcanzar la altura de los 450 m. La trayectoria de despegue se divide en varios segmentos denominados "primero", "segundo", "tercero" y "ultimo". Algunas veces los segmentos tercero y ultimo son conocidos conjuntamente como "segmentos de transición". Hay que hacer notar que para cada segmento existen varias pendientes mínimas de ascensión que dependen del número de motores de la aeronave. Estas pendientes están relacionadas con la suposición de un posible fallo de motor. Las pendientes máximas se encuentran en el segundo segmento; por ello este segmento es normalmente el crítico para determinar el peso límite para el ascenso. El segmento comienza en el punto en el que el tren de aterrizaje ha sido plegado y termina cuando el avión alcanza una altura de 120 m por encima de la cabecera de la pista. En el segmento de transición el piloto tiene la opción de elevar el aparato de diferentes formas, siempre que la pendiente media no sea menor que la especificada en la fig. 3.5.

Si existen obstáculos en la trayectoria de despegue y son lo suficientemente altos como para que estas pendientes mínimas que aparecen en la fig. 3.5 no puedan aplicarse, es necesario determinar una trayectoria que salve los obstáculos según la manera especificada por las disposiciones federales. Estas disposiciones requieren que la "Trayectoria neta de despegue" (con un motor parado) sobrepase los obstáculos de 10.7 m como mínimo obteniéndose de la misma reducción de la trayectoria de despegue en un 0.8 % para aviones de dos motores; en un 0.9 % para aviones de tres motores y en 1.0 % para los de cuatro motores, esto es para el primer segmento.

CONDICIONES MINIMAS PARA LA ASCENSION EN EL DESPEQUE QUE DEBEN CUMPLIR LOS REACTORES DE TRANSPORTE, CON UN MOTOR PARADO, CUANDO NO EXISTEN OBSTACULOS EN LA TRAYECTORIA DE VUELO.

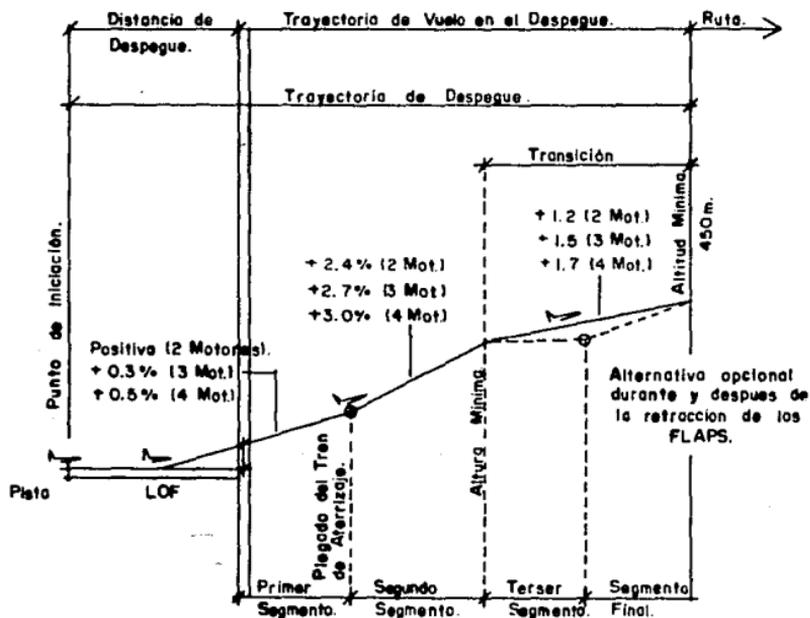


FIG. 3.5

CAPITULO IV

PROCESOS DE APROXIMACION Y ATERRIZAJE

4.1 RADIOAYUDAS PARA LA NAVEGACION

4.2 RADIOAYUDAS PARA LA APROXIMACION

4.3 ESPACIOS AEREOS

4.4 PROCESOS DE APROXIMACION

4.5 PROCESOS DE ATERPIZAJE

4.1 RADIOAYUDAS PARA LA NAVEGACION

Consideremos primero las Radioayudas que se cuentan para la navegación:

1. - Radiofaro no Direccional (N D B) "Non Directional Beacon" es un equipo emisor de baja frecuencia (LF) ó frecuencia media (MF), transmite señales de radio comprendidas entre los 200 - 1750 Khz. Se utiliza en el balizamiento de rutas aéreas, preferentemente oceánicas debido a su mayor alcance sobre áreas marítimas. También se emplea en procedimientos de aproximación por instrumentos y procedimientos de espera.

La cobertura de esta radioayuda depende de la frecuencia que se utilice, la potencia del transmisor, la conductividad del terreno y las condiciones meteorológicas existentes en el lugar, pues dado el tipo de transmisión, las ondas sufren desviaciones al atravesar una tormenta. Este equipo se utiliza para balizar, es decir radio-señalar rutas que deberán seguir las aeronaves y como ayudas a la aproximación en algunos aeropuertos. Debido al tipo de transmisión en baja frecuencia y frecuencia media, las ondas transmitidas son reflejadas en el núcleo de cargas eléctricas de las nubes en una tormenta por lo que se vuelve de poca precisión esta radioayuda en tales condiciones.

2. - V O R (Very high frequency Omnidirectional Range). El radiofaro omnidireccional de muy alta frecuencia es una radioayuda que eliminó muchas de las dificultades encontradas al navegar con el NEB.

La información de curso de un VOR no es

afectada por condiciones atmosféricas u otras perturbaciones.

El VOR proporciona 360 cursos que se radian de la estación como rayos del centro de una rueda. Estos cursos, conocidos como radiales se identifican por su rumbo magnético desde la estación. La transmisión del equipo es en la banda VHF, lo que permite que las señales estén libres de perturbaciones atmosféricas; el rayo de recepción varía de acuerdo a la altitud de la aeronave.

El principio de operación del VOR se basa en la creación de una diferencia de fase entre dos señales de audiofrecuencia radiada. Se toma el norte magnético como la línea base para medir la relación entre las fases; una de las dos señales es no-direccional y tiene una fase constante. Esta diferencia de fase es medida electrónicamente por el receptor de la aeronave y representada en los instrumentos de navegación. Una de las utilizaciones principales de esta radioayuda es la señalización de aerovías, función que también cumplen los NDB pero con las limitaciones descritas anteriormente. El VOR permite señalar con precisión las rutas que habrán de seguir los aviones, la operación del VOR tiene únicamente la limitante de que a bajas altitudes la recepción no es posible o resulta difícil; debido a la curvatura de la tierra; u obstáculos existentes como montañas, etc..

3. - D M E (Distance Measuring Equipment). El equipo medidor de distancia es una radioayuda que como su nombre lo indica permite al piloto conocer la distancia del avión a la estación. Generalmente

el DME se instala junto a un VOR en tierra lo que proporciona una gran ayuda a la navegación.

Su funcionamiento se basa en la emisión desde el avión de pulsos electrónicos con una separación específica los cuales son recibidos en la estación en tierra. La estación entonces transmite impulsos de regreso al avión con el mismo espacio pero con una frecuencia diferente. El tiempo requerido para un viaje completo del intercambio de señales se mide con la unidad DME abordo y se traduce a distancias (en millas nauticas) de la aeronave a la estación en tierra.

El DME proporciona información de distancia con un alto grado de precisión; se puede recibir señales confiables a distancias de hasta 100 MN con una precisión de 0.5 MN o 3% de la distancia. Es importante señalar que la distancia indicada por el DME es una distancia directa a la estación y no horizontal, por lo que al pasar por ésta la lectura será la altura del avión y no cero como podría pensarse. El DME opera en frecuencias de la banda UHF (Ultra alta frecuencia) entre los 962 Mhz hasta los 1,213 Mhz.

- 4.- R A D A R (Radio Detection And Range). El equipo RADAR determina la distancia y la dirección de objetos mediante la transmisión y la captación de regreso de ondas electromagnéticas. El RADAR es utilizado de muchas maneras para incrementar la eficiencia operacional, su uso principal es el de proporcionar control de tránsito aéreo a las aeronaves operando en reglas de vuelo por instrumentos; separación entre aviones y dirección hasta interceptar la fase final del procedimiento de aproximación. El principio básico del RADAR es la reflexión de las ondas

electromagnéticas en una superficie; a este reflejo se le llama "eco". La banda de frecuencia utilizada contiene ondas de ultra-alta ó super-alta frecuencia que viajan en línea recta y se reflejan fácilmente en los objetos que encuentran en su camino.

Los equipos antes mencionados; son para la ayuda en la navegación de las aeronaves. Ahora mencionaremos los equipos que facilitan la aproximación a la pista hasta llegar a la zona de plataformas.

4.2 RADIOAYUDAS PARA LA APROXIMACION

El Sistema de Aterrizaje por Instrumentos (ILS Instrument Landing System). Es un sistema de radioayudas de precisión que proporciona una trayectoria de aproximación y descenso exactas a las aeronaves que aterricen en la pista dotada con este sistema, además cuenta con indicadores de distancia.

El equipo de tierra consiste de dos sistemas transmisores altamente direccionales y, a lo largo de la trayectoria de aproximación tres balizas marcadores (o menos). Los transmisores direccionales son el localizador y la pendiente de planeo (glide-slope).

El control preciso de la aeronave de acuerdo a la interpretación del piloto de la información presentada en la cabina de este sistema permite aterrizajes en condiciones de un techo de nubes muy bajo y de visibilidad reducida; estas condiciones son los mínimos meteorológicos del aeropuerto; y de acuerdo a esto el sistema ILS tiene las siguientes categorías :

C A T E G O R I A

MINIMOS METEREOLÓGICOS

TECHO / VISIBILIDAD

I	60m (200 pies)	800m (1/2 mn)
II	30m (100 pies)	400m (1/4 mn)
III		
a	0'	200m
b	0'	50m
c	0'	0m

El ILS proporciona tres tipos de información :

- a) TRAYECTORIA : Localizador y Pendiente de Planeo.
- b) DISTANCIA : Balizas Marcadoras. DME.

L O C A L I Z A D O R : El transmisor del localizador del ILS utiliza las frecuencias decimales nones en la banda VHF de los 108.1 a los 111.9 Mhz. Este transmisor se situa aproximadamente a 300 m atras de la cabecera opuesta de la pista. La antena esta

alineada con el eje de la pista; radia patrones de señales de 90 y 150 hz a ambos lados de la prolongación del eje central de la pista. La señal de 150 ciclos siempre se encuentra a la derecha de la trayectoria de aproximación, la señal de 90 ciclos a la izquierda. El curso se forma a lo largo de la prolongación del eje de la pista cuando las señales se superponen y son de igual intensidad, este curso se llama Curso frontal (Front Course). La envolvente del curso frontal es de 5 grados aproximadamente; extendiéndose 2.5 grados a cada lado de la trayectoria. La mayoría de las transmisiones de localizador, también proporcionan un patrón de señales atrás de la pista por lo que las señales del curso también se superponen en la dirección opuesta formando un Curso Posterior (Back Course), sin embargo el uso del curso posterior es muy limitado además de que este no cuenta con información de la pendiente de planeo.

P E N D I E N T E D E P L A N E O (G L I D E S L O P E) : El transmisor del Glide Slope del ILS opera en la banda UHF en el rango de los 329.15 a los 335.00 Mhz, radiando señales en dirección del curso frontal del localizador . El transmisor se localiza aproximadamente a 300m de la cabecera de aproximación de la pista y a 150m a un lado del eje de la pista.

Como el transmisor del localizador, transmite patrones de señales de 90 y 150 Hz, La señal de 150 ciclos se encuentra debajo de la trayectoria de descenso y la de 90 ciclos arriba de la misma.

El área de igual intensidad forma la pendiente de planeo. A diferencia del localizador esta señal solo tiene un curso frontal.

La pendiente de planeo o glide slope se coloca normalmente con un ángulo de 2.5 a 3 grados. Su envolvente se extiende aproximadamente .5 grados arriba y abajo de dicho ángulo.

Al sintonizar la frecuencia del localizador, se sintoniza

automaticamente la frecuencia de la pendiente de planeo pues estas trabajan en pares, llamadas canales.

BALIZAS MARCADORAS: Las balizas son transmisores de 75 Mhz y de baja potencia situados a lo largo del curso de aproximación final del ILS con el objetivo de "marcar" ó señalar una distancia específica a la pista. Normalmente se utilizan dos balizas marcadoras para este propósito; y se denominan el "Marcador Exterior" (Outer Marker) y el "Marcador Medio" (Middle Marker); si el ILS es de mayor precisión se instala una baliza más denominada "Marcador Interior" (Inner Marker), pero poco usada.

Los marcadores se identifican en la aeronave mediante una luz y una señal audible.

Marcador Exterior (Outer Marker OM) se situa entre 7 y 8km (4 a 7 millas) del umbral de la pista. La altitud que se debe tener al cruzar este marcador es la cual en la que la aeronave intercepta la pendiente de planeo una vez establecida en el localizador.

Marcador Medio (Middle Marker MM), se situa aproximadamente a 1 km (3500 pies) de la cabecera de aproximación de la pista, se identifica auditivamente por puntos y rayas alternados. Este marcador señala el lugar en donde se debe tener una altitud en la cual el piloto debe ver la pista para continuar el aterrizaje o realizar una aproximación frustrada (altitud de decisión).

Situadores (Compass Locators) Su instalación es opcional y se colocan junto con las balizas marcadoras (generalmente solo en el marcador exterior) como ayudas de navegación para el ILS. Son radiofaros no direccionales (NDB) de baja potencia, operan entre los 190 y los 535 Khz con un rango de recepción confiable de 15 millas nauticas. Sin embargo, pueden instalarse NDB de alta potencia y se utilizan como situadores.

Otra radioayuda para las aproximación de las aeronaves a la pista es el MLS (Microwave Landing System).

El Sistema de Aterrizaje por Micro-ondas proporciona una guía precisa de navegación para la alineación con las trayectorias de aproximación y descenso; además de datos adicionales de distancia, toda esta información es interpretada por los instrumentos de la aeronave.

Se piensa que el MLS deberá reemplazar a los equipos ILS actuales paulatinamente. El MLS tiene la ventaja de que permite la ayuda del tráfico del aeropuerto ya que los aviones se pueden establecer en cursos diferentes a los de la prolongación del eje de la pista como únicamente es posible hacerse en el caso del ILS.

La instalación del equipo MLS en los aeropuertos es más económica que la del ILS; sin embargo el equipo de abordaje de las aeronaves es más costoso.

El sistema puede ser dividido funcionalmente en cinco partes :

- 1.- Guía de Angulo Azimutal de Aproximación.
- 2.- Guía de Angulo Azimutal Posterior.
- 3.- Guía de Angulo de Elevación de Aproximación.
- 4.- Guía de Distancia
- 5.- Transmisor de Datos Adicionales.

La configuración común del equipo terrestre de MLS incluye:

- a) Una estación de azimut de aproximación que desarrolla las funciones 1 y 3 descritas en el párrafo anterior. Además de la señal

azimutal, el equipo transmite información adicional relacionada con la operación del equipo.

- b) Un transmisor de pendientes de descenso.
- c) Un equipo medidor de distancia de precisión (DME /p) similar al DME convencional pero de mayor exactitud.

El MLS tiene la posibilidad de contar con el siguiente equipo adicional :

- a) Azimut Posterior : Proporciona guía lateral en la aproximación frustrada ó para navegación después del despegue.
- b) Transmisión de datos auxiliares : Meteorológicos, condiciones de la pista, etc.

GUIA AZIMUTAL DE APROXIMACION :

La estación de azimut transmite el ángulo del MLS y datos en uno de los 200 canales del rango de frecuencia de 5031 a 5091 Mhz. Su cobertura se extiende :

- a) Lateralmente; por lo menos 40 grados a ambos lados de la pista.
- b) En elevación a un ángulo de 15 grados y por lo menos hasta 20,000 pies.
- c) En planta, hasta una distancia de 20 millas nauticas.

GUIA AZIMUTAL POSTERIOR

El transmisor de azimut posterior es esencialmente igual al transmisor frontal. Sin embargo, el equipo transmite en un regimen de datos menor debido a que los requisitos de precisión no son tan rigidos como los necesarios para la aproximación.

Este equipo opera en la misma frecuencia que el azimut de aproximación pero en tiempos diferentes en la secuencia de transmisión. La cobertura del equipo es la siguiente :

- a) Lateralmente, por lo menos 40 grados a ambos lados de la pista.
- b) En elevación, hasta un ángulo de 15 grados.
- c) En planta, hasta una distancia de 7 millas náuticas de la cabecera opuesta de la pista.

Esta cobertura puede ser igual a la del transmisor frontal.

GUIA DE DISTANCIA :

El equipo medidor de distancia de precisión del MLS (DME/p) cumple la misma función que el equipo DME anteriormente descrito, pero con algunas diferencias técnicas. Opera en la banda de frecuencias de los 962 a los 1105 Mhz. Responde a una señal emitida por el interrogador de la aeronave, la diferencia principal con el DME convencional es la precisión del equipo que ha sido mejorado para ser congruente con el resto del sistema.

4.3 ESPACIOS AEREOS

Otro punto en consideración, para los procesos de aproximación; son los espacios aéreos que deben de permanecer libre de obstáculos; para poder hacer más eficiente el aeródromo.

Las Superficies limitadoras de Obstáculos son las siguientes :

SUPERFICIE CONICA : Es una superficie con pendiente ascendente, hacia afuera. Con colindancia del borde inferior con la periferia de la superficie horizontal interna; y del borde superior situado a una altura determinada sobre la superficie horizontal interna.

SUPERFICIE HORIZONTAL INTERNA : Es una superficie por lo general circular; ubicada en un plano horizontal sobre un aeródromo y sus alrededores; con una elevación que se fija dependiendo el tipo de pista.

SUPERFICIE DE APROXIMACION : Es la combinación de los planos de la superficie cónica y la superficie horizontal interna al umbral. Colinda en el borde interior de longitud especificada, horizontal y perpendicular a la prolongación del eje de la pista y a una distancia determinada antes del umbral. Por los lados que parten de los extremos del borde interior y divergen uniformemente en un ángulo determinado respecto a la prolongación de la pista y se unen con el borde exterior, que es paralelo al borde interior.

SUPERFICIE DE APROXIMACION : Es una pequeña porción rectangular de la superficie de aproximación inmediatamente anterior al umbral. Sus límites

son; en el borde interior, que coincide con el emplazamiento del borde interior de la superficie de aproximación pero con una longitud más reducida; y por los lados que parten del borde interior en forma paralela y se unen al borde exterior.

SUPERFICIE DE TRANSICION : Es la que se extiende a lo largo del borde de la franja y parte del borde de la superficie de aproximación; con una pendiente ascendente y hacia afuera hasta la superficie horizontal interna. Colinda en el borde inferior con la intersección de la superficie de aproximación y la superficie horizontal interna y que se extiende siguiendo el borde de la superficie de aproximación hasta el borde interior de la superficie de aproximación y desde ahí; por toda la longitud de la franja, paralelamente al eje de la pista. En el borde superior con el plano de la superficie horizontal interna.

SUPERFICIE DE TRANSICION INTERNA : Es semejante a la anterior, pero esta se encuentra más cercana a la pista. Los límites son en el borde inferior que comienza al final de la superficie de aproximación interna y que se extiende a lo largo del lado de la superficie de aproximación interna hasta el borde interior de esta superficie; de ahí a lo largo de la franja paralela al eje de la pista hasta el borde interior de la superficie de aterrizaje interrumpido, y de ahí hacia arriba a lo largo del lado de la superficie de aterrizaje interrumpido hasta el punto donde el lado corta la superficie horizontal interna. En el borde superior situado en el plano de la superficie horizontal interna.

SUPERFICIE DE ATERRIZAJE INTERRUPTIDA : Es el plano inclinado situado a una distancia especificada después del umbral, que se extiende

entre las superficies de transición internas. Sus límites son en el borde interior horizontal que es perpendicular al eje de pista a una distancia después del umbral; con dos lados que parten del borde interior y divergen uniformemente con un ángulo determinado del plano vertical que contiene el eje de pista; y el borde exterior situado en el plano de la superficie horizontal interna.

Las superficies anteriores se podrán comprender mejor, observando las figuras 4.1 y 4.2.

Ahora se mencionarán los requisitos de la limitación de obstáculos para los diferentes tipos de pista; las dimensiones y medidas se encuentran en la tabla 4.1 .

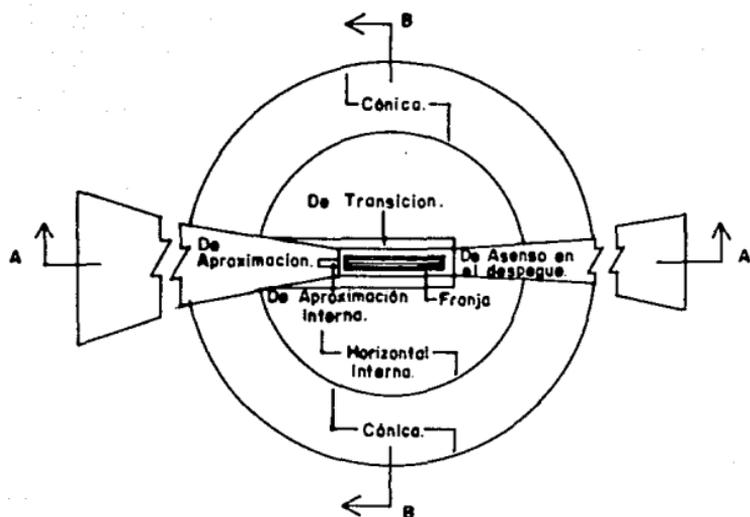
PISTA DE VUELO VISUAL : Se establecerán las siguientes superficies limitadoras :

- Superficie Cónica
- Superficie Horizontal Interna
- Superficie de Aproximación; y
- Superficie de Transición.

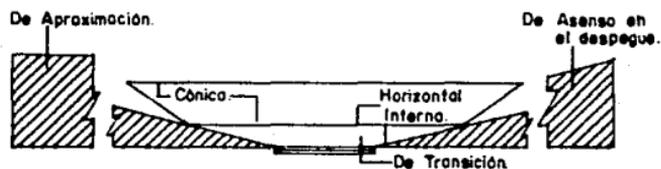
PISTAS PARA APROXIMACION QUE NO SON DE PRECISION : Se establecerán las siguientes superficies limitadoras :

- Superficie Cónica
- Superficie Horizontal Interna
- Superficie de Aproximación; y
- Superficie de Transición.

- La Superficie de Aproximación será horizontal a partir del punto en el que la pendiente de 2.5% corta : A un plano horizontal a 150m por encima de la elevación del umbral o el plano horizontal que pasa por la parte superior de cualquier objeto que determine la altitud/altura de franqueamiento de obstáculos; por lo que se tomara el que de mas alto.



SECCION A-A



SECCION B-B

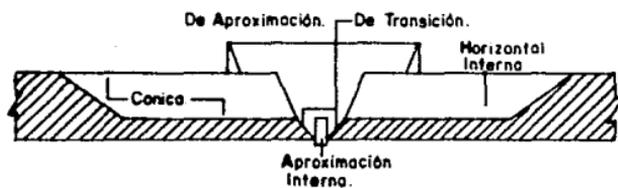
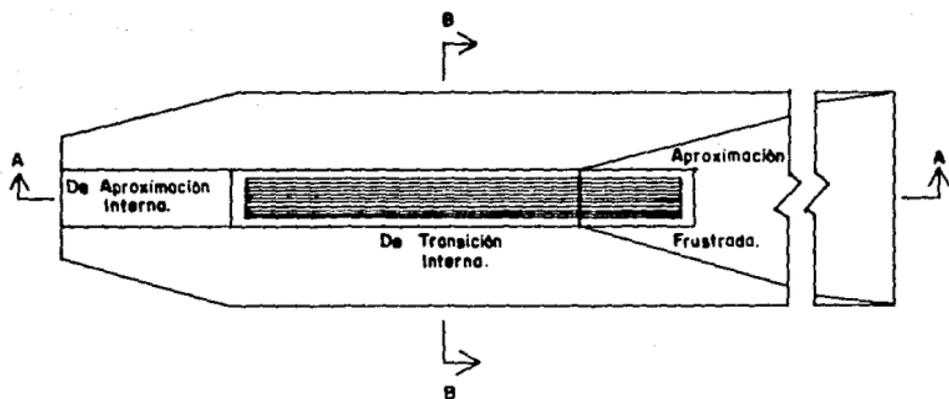
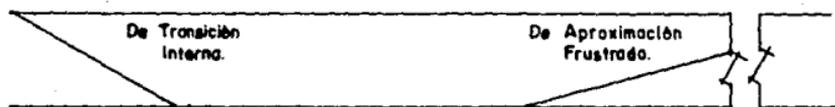


FIG. 4.1



SECCION A-A



SECCION B-B



FIG. 4.2

Tabla 4-1. Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos

PISTAS DE ATERRIZAJE

Superficies y dimensiones ^a	Clasificación de las pistas									
	Aproximación visual				Aproximación que no sea de precisión			Aproximación de precisión		
	Número de clave				Número de clave			Categoría I	Categoría II o III	
	1	2	3	4	1,2	3	4	Número de clave	Número de clave	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10) ^c	(11)
CONICA										
Pendiente	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m
HORIZONTAL INTERNA										
Altura	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Radio	2 000 m	2 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m
APROXIMACION INTERNA										
Anchura	-	-	-	-	-	-	-	90 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	60 m	60 m	60 m
Longitud	-	-	-	-	-	-	-	900 m	900 m	900 m
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	2,5%	2%	2%
APROXIMACION										
Longitud del borde interior	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m
Distancia desde el umbral	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Primera sección										
Longitud	1 600 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Pendiente	5%	4%	3,33%	2,5%	3,33%	2%	2%	2,5%	2%	2%
Segunda sección										
Longitud	-	-	-	-	-	3 600 m ^b	3 600 m ^b	12 000 m	3 600 m ^b	3 600 m ^b
Pendiente	-	-	-	-	-	2,5%	2,5%	5%	2,5%	2,5%
Sección horizontal										
Longitud	-	-	-	-	-	8 400 m ^b	8 400 m ^b	-	8 400 m ^b	8 400 m ^b
Longitud total	-	-	-	-	-	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m
DE TRANSICION										
Pendiente	20%	20%	14,3%	14,3%	20%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
DE TRANSICION INTERNA										
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	6%	33,3%	33,3%
SUPERFICIE DE ATERRIZAJE INTERRUPTIDO										
Longitud del borde interior	-	-	-	-	-	-	-	90 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	c	1 000 m ^d	1 000 m ^d
Divergencia (a cada lado)	-	-	-	-	-	-	-	10%	10%	10%
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	4%	3,33%	3,33%

a. Salvo indicación contraria, todas las dimensiones se miden horizontalmente.

b. Longitud variable (entre 4 200 o 4 2 17)

c. Distancia hasta el extremo de la franja

d. El distancia hasta el extremo de pista, si esta distancia es menor.

PISTAS PARA APROXIMACIONES DE PRECISION :

Respecto a las pistas de aproximaciones de precisión de Categoría I; se establecerán las siguientes superficies limitadoras de obstáculos :

- Superficie Cónica;
- Superficie Horizontal Interna
- Superficie de Aproximación;
- Superficies de Transición ;
- Superficie de Aproximación Interna;
- Superficies de Transición Interna;
- Superficie de Aterrizaje Interrumpido.

Para las pistas de aproximaciones de precisión de Categoría II o III se establecerán las siguientes superficies limitadoras de obstáculos :

- Superficie Cónica;
- Superficie Horizontal Interna;
- Superficie de Aproximación;
- Superficie de Aproximación Interna;
- Superficies de Transición;
- Superficies de Transición Interna;
- Superficie de Aterrizaje Interrumpido.

La superficie de Aproximación será horizontal a partir del punto en el que la pendiente de 2.5% corta un plano horizontal a 150m por encima de la elevación del umbral; o el plano horizontal que pasa por la parte superior de cualquier objeto que determine el límite de franqueamiento de obstáculos. Tomándose el que de mayor.

La importancia de estas especificaciones de mantener espacios aéreos libres de obstáculos alrededor del aeródromo; es para dar una protección a las aeronaves en el momento en que realizan los procesos de aproximación, de ascenso y una aproximación frustrada, sin tener problemas con objetos que se encuentren en su trayectoria ya sea de aproximación o ascenso.

Así los aeródromos deben de contar con la serie de superficies limitadoras de obstáculos; para saber hasta donde se puede proyectar un objeto en el espacio; y evitar que el aeródromo quede en parte inutilizado por la presencia de objetos dentro de los espacios aéreos y por consiguiente evitar un posible accidente.

4.4 PROCESOS DE APROXIMACION

PROCESOS DE APROXIMACION VISUAL (EN CIRCUITO)

Para este tipo de aproximación; las ayudas con las que cuenta el piloto para el descenso, es unicamente lo que puede ver a simple vista. Aquí se utiliza un área de maniobra; determinandose de la siguiente manera; se trazan arcos cuyo centro se encuentra en el umbral de cada pista y uniendo estos arcos con líneas tangentes. El radio de los arcos depende de:

- a) Categoría de la aeronave
- b) Velocidad: La velocidad que se indica para cada categoría.
- c) Velocidad del viento: 45 km/h (25 nudos) a lo largo del viraje
- d) Angulo de inclinación lateral: 20 grados como promedio 3 grados por segundo, la cifra que requiera la inclinación menor

Es importante considerar esta área; ya que no siempre esta protegida por los espacios aéreos que determina el Anexo 14.

Tenemos tres tipos de aproximación:

Circulando, Directa y Frustrada;

cada una cuenta con sus fases Inicial, Intermedia y Final (Fig 4.3)

TRAMOS DE APROXIMACION VISUAL

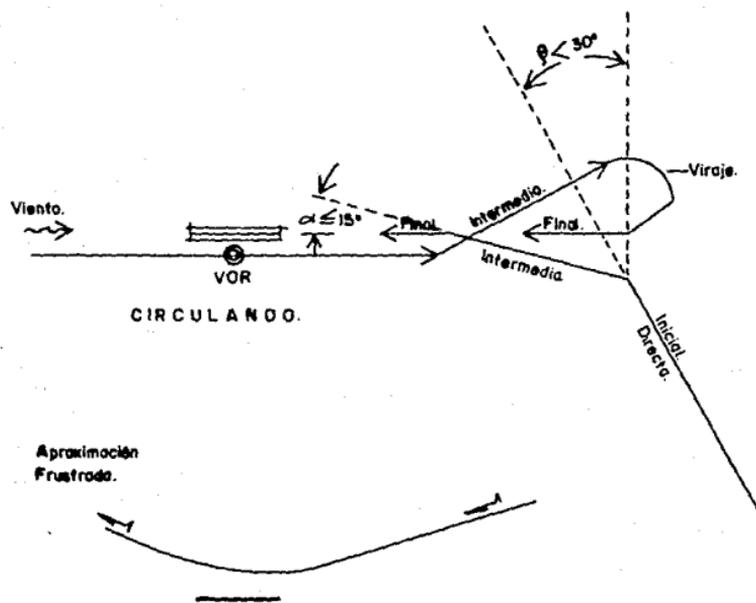


FIG. 4.3

- La Aproximación Circulando como se observa en la figura; es cuando la aeronave llega por un costado o por la parte trasera de la pista; las fases Inicial, Intermedia y Final son diferentes para cada aeronave en cuestión de distancia, altura, viraje y en el descenso.

- La Aproximación Directa; es cuando la aeronave, se perfila muy próximo a eje de la pista, y sólo realiza pequeños virajes. Se le llama aproximación directa si cumple las condiciones que se muestran en la figura.

- La Aproximación Frustrada sucede cuando se pierde la referencia visual; no se ve la pista y la aeronave se encuentra en la fase final; a una altitud/altura mínima de descenso (MDA/H); por lo que se prevé que el piloto lleve a cabo un ascenso inicial hasta la pista de aterrizaje y por encima del aeródromo, donde establezca el ascenso de la aeronave.

La aproximación frustrada se realiza cuando la aeronave se encuentra en los mínimos de visibilidad y el piloto no ve la pista. Estos mínimos dependen de acuerdo a la categoría de la aeronave; como se puede ver en la tabla 4.1

Cabe mencionar que los procesos de aproximación en la etapas inicial, intermedia, sólo se basan con la simple vista del piloto.

PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACION POR INSTRUMENTOS

Los procesos de aproximación por instrumentos cuentan con cinco etapas que son : (fig. 4.4)

- De llegada
- Inicial
- Intermedio
- Final, y
- Aproximación frustrada

Cada sección vertical de cada tramo se divide en áreas primaria y secundaria.

PRIMER TRAMO DE LLEGADA : Cuando es necesario o cuando se logra una ventaja operacional; se publican las rutas de llegada a partir de la ruta en fase, hasta un punto de referencia. Los criterios de libramiento de obstáculos en ruta se aplican a las rutas de llegada. El tramo de llegada por lo regular termina en un punto de referencia de aproximación inicial.

Un complemento que se tiene para esta aproximación es el radar terminal; que si bien puede dirigir a la aeronave hasta el punto de aproximación intermedia o final, y de ahí proseguir mediante la carta de aproximación por instrumentos.

APROXIMACION INICIAL: Empieza en el punto de referencia de Aproximación Inicial (IAF) y termina en el punto de referencia de Aproximación Intermedia (IF). En este tramo la aeronave se aparta de la ruta establecida de vuelo para poder entrar en el tramo de aproximación intermedia. La velocidad y la configuración de la aeronave dependerán de la distancia al aeródromo y del descenso requerido. El tramo de aproximación inicial proporciona un mínimo de 300m (984 pies) de libramiento de obstáculos en el área primaria.

TRAMOS DE APROXIMACION POR INSTRUMENTOS.

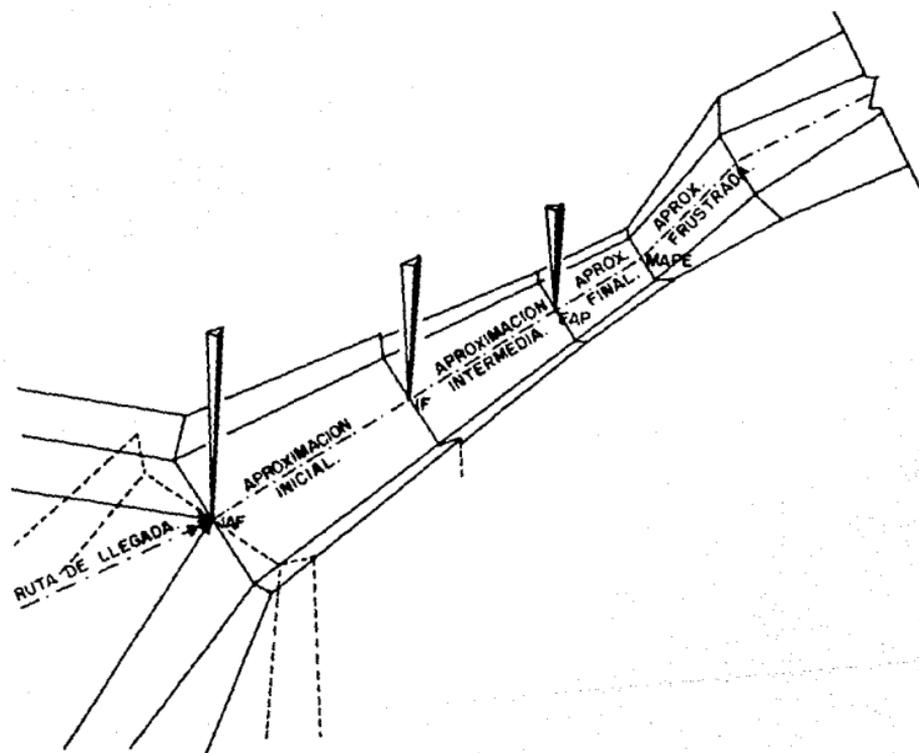


FIG. 4.4

Por lo regular se proporciona una guía de trayectoria a lo largo del tramo de aproximación inicial hasta el punto de referencia intermedio; con un ángulo máximo de interceptación de 90 grados para la aproximación de precisión y de 120 grados para la aproximación que no es de precisión.

Cuando no se dispone de un punto de referencia de aproximación inicial o intermedia adecuado para formular el procedimiento por instrumentos, se realiza un procedimiento de inversión. El procedimiento consiste en tres tipos de viraje; a) Viraje reglamentario (45 / 180 °); b) Viraje reglamentario (80 / 260 °) y c) Viraje de base, no entraremos en detalle para su explicación; solo nos auxiliaremos con la fig. 4.5.

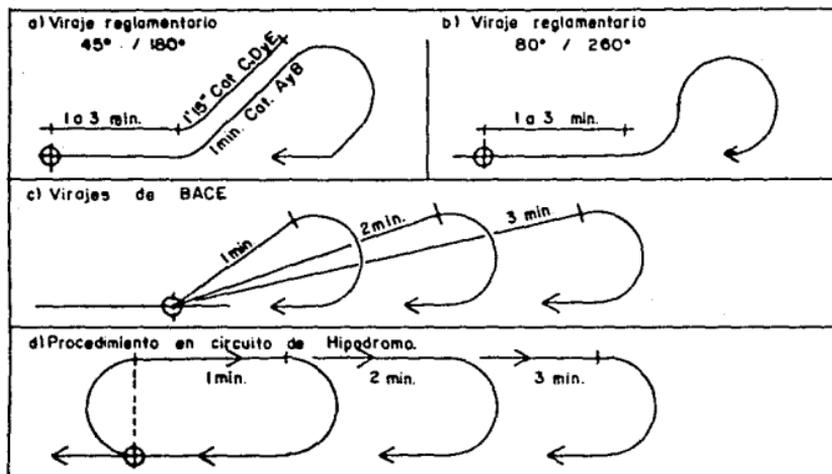
APROXIMACION INTERMEDIA : En esta etapa se deben de ajustar la velocidad y la configuración de la aeronave; con el propósito de prepararla a la aproximación final. Por lo que la pendiente de descenso se mantiene lo menos pronunciada posible. Durante esta aproximación, el margen necesario para el libramiento de obstáculos se reduce de 300m (984 pies) a 150m (492 pies) en el área primaria y lateralmente a cero en el borde exterior del área secundaria.

Cuando se tiene un punto de referencia en la aproximación final; el tramo de aproximación intermedia comienza cuando la aeronave se encuentra en la trayectoria de acercamiento del viraje reglamentario, del viraje base o del tramo final del procedimiento en circuito de hipódromo.

Si no se indica el punto de referencia de aproximación final, la trayectoria de acercamiento constituye en el tramo de aproximación final.

APROXIMACION FINAL: Este tramo en el cual se llevan a cabo la alineación y el descenso para aterrizaje. La aproximación final puede efectuarse en dirección a la pista para un aterrizaje directo o hacia el aeródromo para una maniobra visual.

VIRAJES REGLAMENTARIOS



TIPOS DE PROCEDIMIENTOS DE INVERSION Y DE HIPODROMO.

FIG. 4.5

Para este tramo tenemos tres casos:

- a) aproximación no de precisión, con punto de referencia de aproximación final.
- b) aproximación no de precisión, sin punto de referencia de aproximación final.
- c) aproximación de precisión, ILS.

a) Este tramo comienza en un punto llamado " punto de referencia de aproximación final" (FAF) y termina en el punto de aproximación frustrada (MAPt). El FAF se encuentra localizado en el tramo de aproximación final a una distancia que permite seleccionar la configuración de aproximación final y el descenso a partir de la altitud/altura de aproximación intermedia. Las distancias óptima y máxima para el emplazamiento del FAF con relación al umbral son de 9 km (5 mn) y 19 km (10 mn).

b) Cuando un aeródromo está atendido por un solo equipo de ayuda en el o en sus cercanías; y no existe ningún otro convenientemente situado como para constituir un FAF; entonces puede trazarse un procedimiento en el que la instalación o equipo cumpla a la vez las funciones de IAF y de MAPt.

Estos procedimientos indicarán una altitud/altura mínima para un procedimiento de inversión o un circuito de hipodromo y una OCA/H para la aproximación final. En ausencia de un FAF, el descenso hasta MDA/H se efectúa una vez que la aeronave se ha situado en tramo de acercamiento de la ruta de aproximación final.

c) Esta aproximación comienza en el punto de aproximación final (FAP). Este punto se encuentra en la dirección del localizador y su altitud/altura de aproximación intermedia interseca la trayectoria nominal de plano (glide slope). Dicha intersección ocurre a una altura que van desde los 300m (984 pies) hasta 900m (2955 pies) sobre el nivel de la pista y a una distancia entre los 6 y 19 km (3 y 10 mn) a partir del umbral.

La anchura del área de aproximación final del ILS es más reducida que la de aproximaciones que no son de precisión. El

descenso de la aeronave no debe realizarse hasta que se este seguro de encontrarse en la dirección del localizador y de la pendiente de planeo. Por otra parte se debe cuidar que la aeronave no se desvíe más allá de las tolerancias admisibles; ya que podría quedar en el espacio aéreo no protegido.

De acuerdo a los instrumentos o equipos del ILS como son las balizas (Marcador Exterior y Marcador Medio) el transmisor de la Pendiente de Planeo; con estos es posible ir checando alturas y distancias; en el momento del descenso y con el transmisor del localizador nos permite mantenernos en dirección del eje de la pista.

Para determinar la altitud de decisión (DA) ó la altura de decisión (DH) del ILS, dependen de la altura que el obstáculo más alto, y aparte una tolerancia que depende de la categoría de la aeronave; para realizar la aproximación final o en todo caso la aproximación frustrada. Esta altitud de decisión o altura de decisión se basan en las condiciones estandar siguientes:

- a) Categoría I; volando con baroaltímetro;
- b) Categoría II; volando con radioaltímetro y director de vuelo;
- c) Envergadura no mayor de 60m y una distancia vertical entre la trayectoria de desplazamiento de las ruedas y de la antena de la pendiente de planeo no superior a 6m;
- d) Pendiente de ascenso en aproximación frustrada de 2.5 por ciento.

Aparte de estas condiciones; se deben de tomar en cuenta el peso del avión; la altitud y temperatura así como la velocidad del viento y otras condiciones meteorológicas anormales.

APROXIMACION FRUSTRADA

Durante esta fase; el piloto se ve en la tarea de cambiar toda la configuración de la aeronave, la actitud y la altitud. Por lo que esta fase se ha mantenido lo más sencilla posible y consiste en : Inicial, Intermedia y Final. (Fig. 4.6).

La aproximación frustrada debe iniciarse a una altura no menor que la DH/H en los procedimientos de aproximación de precisión; y a una MDA/H en los que son de no precisión.

El punto donde inicia la aproximación frustrada (MAPt) puede ser :

- a) el punto de intersección de la pendiente de planeo (glide slope) con la DA/H aplicable; ó
- b) una instalación de navegación; ó
- c) un punto de referencia; ó
- d) una distancia especificada a partir del punto de referencia de aproción final (FAF).

Si al llegar al MAPt no se ha establecido la referencia visual requerida; el procedimiento exige que se inicie una aproximación frustrada inmediatamente con el fin de lograr protección con respecto a los obstáculos. Por otra parte; el piloto puede efectuar la aproximación frustrada antes de llegar al punto de aproximación frustrada, con el fin de mantenerse dentro del espacio aéreo protegido.

Por lo regular; siempre se utiliza una pendiente nominal de ascenso en la aproximación frustrada del 2.5 %; pero también puede utilizarse una pendiente del 2.0%; siempre y cuando se haya efectuado un levantamiento y se ha adoptado la salvaguardia necesaria. También pueden utilizarse pendientes de 3.4 ó 5.0 %; pero solamente para las aeronaves; cuyas características de ascenso lo permitan. (Fig. 4.7).

FASES DE APROXIMACION FRUSTRADA.

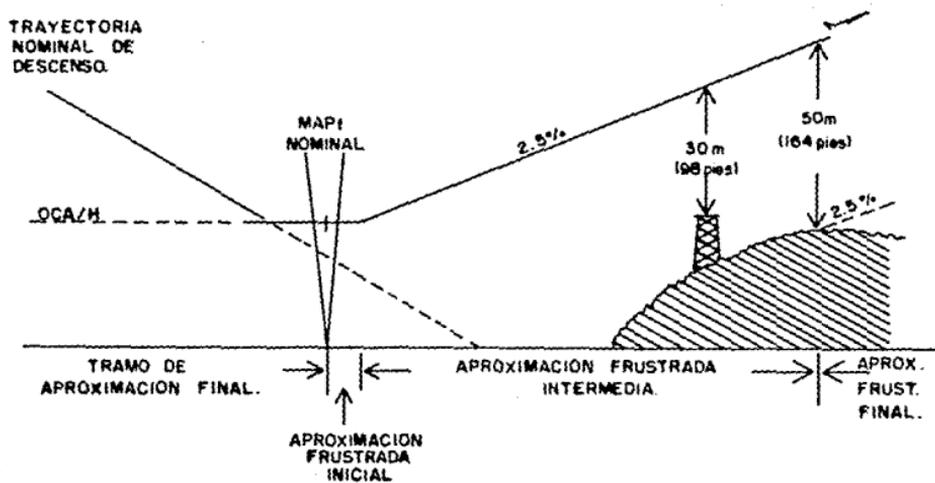


FIG. 4.6

MARGEN DE LIBRAMIENTO DE OBSTACULOS CON PENDIENTE DEL 1% EN LA FASE FINAL DE APROXIMACION FRUSTRADA.

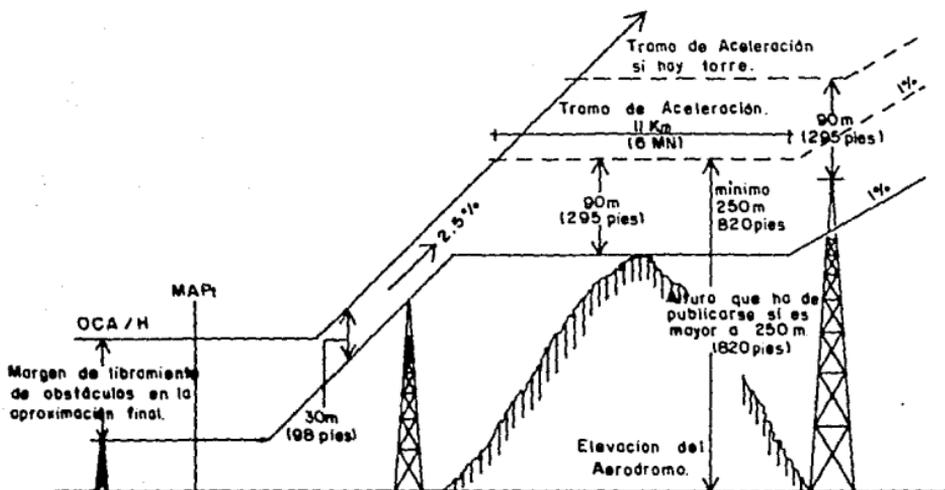


FIG. 4.7

Otro punto importante a considerar en la pendiente nominal; es el caso de las aeronaves que vienen con masa bruta máxima certificada y un motor fuera de servicio; por lo que se necesita un procedimiento especial de aproximación; que consiste en un posible aumento de la altitud/altura de decisión o en la altitud/altura mínima de descenso.

Fase Inicial: Comienza en el punto de aproximación frustrada (MAPt) y termina en el punto en que se establece el punto de ascenso. En esta maniobra se necesita de toda la atención del piloto para poder establecer el ascenso; y controlar las posibles variaciones en la configuración de la aeronave. Por esta razón no se utiliza a pleno el equipo de guía y mucho menos se realizan virajes durante esta maniobra.

Fase Intermedia: Es en la cual se continúa el ascenso, avanzando normalmente en línea recta, y llega hasta el punto en que se logra una altura de libramiento de obstáculos de 50m (164 pies). Esta ruta de fase intermedia puede modificarse hasta un 15 % a partir de la fase inicial. Durante esta fase se supone que la aeronave comenzará a estabilizarse en la ruta.

Fase Final: Comienza en el punto en que se alcanzó una altura de libramiento de obstáculos de 50m (164 pies) y termina en la zona donde puede realizar una nueva aproximación, una espera o un regreso al vuelo en ruta. En esta fase pueden prescribirse virajes.

La consideración que se hace a las

aeronaves para ayudarlas a elevarse; es que en un tramo horizontal de 11 km (18 mn) puedan acelerarse y despues viene un tramo de ascenso del 1.0 % hasta alcanzar el ascenso en ruta; durante esta trayectoria se debe cumplir la altura libre entre obstaculos de 90 m (295 pies).

PROCESO DE ATERRIZAJE

Una vez realizada la aproximación; ya sea por instrumentos o visualmente; se considera que la aeronave ha salvado todos los obstáculos y esta aterrizando en la pista. Cuando se ha llegado a esta fase ya no existe ningun problema; por lo que la aeronave necesita por lo regular un 60 % de la pista que se calcula para el despegue; para poder detenerse; sin ningun peligro de salirse de la pista.

CAPITULO V

ANALISIS DE MASAS DE DESPEGUE Y

ATERRIZAJE

5.1 COMPOSICION DE LA MASA DE LA AERONAVE

5.2 CUANTIFICACION DE COMBUSTIBLE

5.3 MASA DE ATERPIZAJE

5.4 MASA DE DESPEGUE

5.1 COMPOSICION DE LA MASA DE LA AERONAVE

Al ingeniero encargado de proyectar le es de sumo interés conocer los componentes básicos que constituyen el peso de un avión cuando este despegue o aterrice, ya que el peso es uno de los mayores factores que intervienen en la longitud de la pista. Porque cuanto mayor sea la masa de la aeronave; mayor será la longitud de la pista que necesitará, tanto para el aterrizaje como para el despegue. A continuación se describe como se compone la masa de un avión:

1.- El Peso Vacío se compone de:

- a) Motores
- b) Alas
- c) Fuselaje
- d) Tren de aterrizaje
- e) Fluidos, excepto aceite de motores

Ahora si le sumamos:

- a) Aceite de los motores
- b) Equipo de navegación
- c) Equipo de rescate
- d) Manuales
- e) Equipo e instrumentos de vuelo

Tenemos lo que se llama Peso Básico; al aumentarle:

- a) Tripulaciones
- b) Cocinas
- c) Servicio de abordó

Nos da como resultado El Peso de Operación Seco o también se le conoce como Peso del Avión Preparado para dar Servicio (APS). Esta varía para cada caso y es mejor considerarla localmente en cada caso; y su valor máximo figura como limitación estructural en el manual de vuelo.

Después consideramos lo que es la Carga de Pago:

- a) Pasajeros
- b) Carga
- c) Correo
- d) Equipaje

La Carga de Pago máxima transportada; por lo regular es menor a la carga de pago máxima estructural, debido a las limitaciones de espacio. Principalmente en aviones de pasajeros, ya que los asientos y demás útiles ocupan un considerable espacio. Esta carga se limita por las condiciones de la masa máxima de despegue o aterrizaje; y en una combinación con la carga del combustible; se obtiene la carga de pago; ya que depende de la distancia de recorrido y otros factores; el combustible que va a gastar. Para la carga de pago existe una gráfica denominada Curva de Operación Económica (Fig. 5.1).

Bueno con la carga de pago tenemos lo que es Peso Cero Combustible; al considerar en combustible de Reserva; nos da el Peso de Aterrizaje en Destino:

más Combustible de Vuelo => Peso de Despegue

más Combustible de Rodaje => Peso en Plataforma.

5.2 CUANTIFICACION DEL COMBUSTIBLE

Para calcular la cantidad de combustible que ha de llevarse a bordo de las aeronaves; se contempla un solocaso:

- a) Cuando se requiere un aeródromo de alternativa.

Este es el caso que se estudia por ser el más crítico. En el caso cuando no existe aeródromo de alternativa cercano al lugar de destino, el aeródromo de alternativa es el propio lugar de origen, por lo tanto la aeronave debe de llevar de menos la cantidad

de combustible para que pueda:

a) en el caso de aviones propulsados por helice; volar hasta el aeródromo respecto al cual se proyecta el vuelo, de ahí al aeródromo de alternativa que resulte mas crítico (en terminos de consumo de combustible) y despues durante un periodo de 45 min;

b) en el caso de aviones equipados con turboreactores, volar hasta el aeródromo al cual se proyecta el vuelo, efectuar una aproximación frustrada y desde allí:

- 1) volar hasta el aeródromo de alternativa especificado en plan de vuelo; y luego
- 2) volar durante 30 min. a la velocidad de espera a 450 m (1,500 pies) por encima del aeródromo de alternativa; en condiciones normales de temperatura, efectuar la aproximación y aterrizar; y
- 3) disponer de una cantidad adicional de combustible suficiente para compensar el aumento de consumo que se producirá si surgiese alguna de las contingencias especificadas por el explotador a satisfacción del Estado del Explotador:
 - a) Las condiciones meteorológicas pronosticadas;
 - b) Los encaminamientos del control de tránsito aéreo y las demoras de tránsito que se esperan;
 - c) Una aproximación por instrumentos en el aeródromo de destino; incluso una aproximación frustrada;
 - d) Los procedimientos prescritos en el manual de operaciones, respecto a pérdidas de presión en la cabina, cuando corresponda, o paradas de uno de los motores mientras vuela en ruta; y
 - e) Cualquiera de otras condiciones que puedan demorar el aterrizaje del avión o aumentar el consumo de combustible.

5.3 MASA DE ATERRIZAJE

Los aviones aterrizan con una masa que puede llegar hasta la masa máxima de aterrizaje, la cual está incluida en una de las dos categorías:

- a) Limitación Estructural: La masa máxima de aterrizaje basada en limitaciones estructurales es constante y no guarda relación con los parámetros operacionales; como son la temperatura y el viento. Está diseñado para absorber las fuerzas que se producen en el momento de aterrizaje.

Normalmente, los trenes de aterrizaje de un avión de transporte están estructuralmente proyectados para un peso menor que el "peso máximo estructural de despegue". Esto es debido a que el avión pierde peso en ruta, al quemar combustible. Pero para aviones de pequeño alcance, el tren principal se proyecta para soportar (en una operación de aterrizaje) un peso casi igual al peso máximo estructural de despegue. Esto es así debido a que las distancias entre paradas son pequeñas. Y; por lo tanto, no se consume, entre paradas; una gran cantidad de combustible.

- b) En el caso de una aproximación frustrada donde el piloto tiene que elevar la aeronave; esto vendría siendo El Comportamiento de Ascenso: La masa máxima de aterrizaje basada en las limitaciones de ascenso varía con la altitud de presión y la temperatura. El aumento de la altitud de presión y/o la temperatura hace disminuir la masa máxima permisible de aterrizaje.

5.4 MASA DE DESPEGUE

Los aviones despegan con una masa que puede llegar hasta la masa máxima de despegue, que puede estar incluida en una de las seis categorías siguientes:

- 1) Limitaciones Estructurales: La masa de despegue basada en las limitaciones estructurales en el momento de que el avión inicia el despegue, es constante y no guarda relación con la altitud de presión, la temperatura, el viento ni la pendiente de la pista.
- 2) Comportamiento de ascenso con falla de motor: La masa máxima de despegue basada en las limitaciones de ascenso varía con la altitud de presión y la temperatura del aerodrom. El aumento de la altitud de presión y/o la temperatura hace disminuir la masa de despegue permisible.
- 3) Velocidad por razón de los neumáticos: La masa máxima de despegue basada en las limitaciones de velocidad a causa de los neumáticos varía con la altitud de presión, la temperatura y el viento de cola. El aumento de cualquiera de estos factores, aislados ó en combinación, hace disminuir la masa máxima de despegue permisible.
- 4) Energía de Frenaje: Esto es cuando existe una falla de un grupo motor en el despegue, y el piloto decide parar la aeronave; por lo que aplica su dispositivo de frenado para poderlo detener en la distancia de aceleración-parada, esto depende de la velocidad que lleve la aeronave y de la distancia disponible que se tenga, por un lado y por el otro la capacidad del sistema de frenos para poder detener toda la masa del avión sin que sufran algún daño ya sea por someterlos a esfuerzos elevados.

5) Masa Máxima de Aterrizaje: La masa de despegue menos la masa del combustible consumido para volar hasta el aeródromo al cual se proyecta el vuelo; no debería exceder de la masa máxima de aterrizaje en dicho aeródromo, a fin de garantizar un aterrizaje en condiciones de seguridad, tras un vuelo normal.

6) Libramiento de Obstáculos: La masa máxima de despegue basada en la limitación relativa al libramiento de obstáculos; depende del emplazamiento y altura de los obstáculos situados en la proximidad del extremo de la pista.

CAPITULO VI

METODOS DE CALCULO DE LONGITUDES DE PISTA

6.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CALCULO
DE LONGITUD DE PISTA

6.2 METODO DE CORRECCIONES SUGERIDO POR
LA OACI

6.3 METODO USANDO MANUALES DE VUELO.

6.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN EL CALCULO DE LONGITUD DE PISTA.

Los métodos existentes para el cálculo de Longitudes de Pista, son dos principalmente. Uno es recomendado por parte de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), que se basa en la longitud que prescribe el fabricante y después se realiza una serie de correcciones. El otro método es el uso del manual del avión, que prácticamente son nomogramas dados por el fabricante, tomando en cuenta las características físicas y operacionales del avión, como también las condiciones meteorológicas.

Primero comentaremos los factores que influyen en la Longitud de Pista; que son los siguientes:

- a) Características físicas y operacionales de los aviones a los que se prestará servicio;
- b) Condiciones meteorológicas, principalmente viento y temperatura en la superficie;
- c) Características de la pista tales como pendiente y estado de la superficie;
- d) Factores relacionados con el emplazamiento del aeropuerto, por ejemplo, elevación del aeropuerto (que incide en la presión barométrica) y limitaciones topográficas.

Ahora bien; en que forma nos ayudan ó perjudican para la Longitud de Pista estos factores. Cuanto mayor sea el viento que sople de frente a la aeronave; nos disminuirá la longitud de pista, para despegar ó aterrizar; y a la inversa sucede lo contrario, es decir; si sopla el viento por la parte trasera de la aeronave; nos aumenta la longitud.

Por lo que respecta a la temperatura sucede algo parecido; cuanto mayor es la temperatura, la longitud de pista se incrementa.

porque a temperaturas elevadas la densidad del aire se reduce; por lo cual el avión pierde sustentación a causa de la disminución de potencia en sus motores.

Para la pendiente existen varias limitaciones que a continuación se mencionan (según Anexo 14 OACI):

- a) La pendiente obtenida al dividir la diferencia entre la elevación máxima y la mínima a lo largo del eje de la pista entre la longitud de ésta, no debería exceder del 1%.
- b) En ninguna parte de la pista la pendiente longitudinal debería exceder del 1.5% cuando la longitud básica de la pista es de 1,800 m o más; y 1.5% cuando la longitud básica de la pista sea menos de 1,800 m.
- c) Un cambio de pendiente entre dos pendientes consecutivas no debería exceder del 1.5%.
- d) Para pistas de 1,800 m o más, en la primera y última cuartas partes de la longitud de la pista la pendiente no debería exceder del 0.8%.
- e) Cuando no puedan evitarse los cambios de pendiente, éstos deberían ser tales que no se obstruya la visibilidad desde cualquier punto situado a 3 m, sobre la pista, respecto a todos los demás puntos situados a 3m sobre la pista, dentro de una distancia igual, por lo menos, a la mitad de la longitud de la pista;
- f) La transición de una pendiente a otra debería efectuarse mediante una superficie curva con un grado de cambio no superior a:
 - 0.1 %, por cada 300 m cuando la longitud básica de pista sea de 1,800 m o más;
 - 0.2 %, por cada 30 m cuando la longitud básica de pista sea hasta de 1800 m, no incluyendo dicho valor.

Ahora bien para determinar la pendiente, se realiza por medio de cuatro índices; que se definen a continuación: (Información tomada del Manual de Proyectos de Aerodromos Parte Pistas I de la OACI).

Índice Num. 1 : La pendiente media, definida como la diferencia de elevación entre los extremos de la pista dividida por la longitud de la pista.

Índice Num. 2 : La pendiente efectiva (Definida por U.S.A.) es la distancia entre los puntos más alto y más bajo de la pista, dividida por la longitud de la pista.

Índice Num. 3 : Pendiente efectiva para despegue, que divide la pista en cuatro segmentos iguales, determina la pendiente media en cada uno y las pendientes se obtienen como sigue :

$$m_e = \frac{m_1 + 2m_2 + 3m_3 + 4m_4}{6}$$

en la que m es la pendiente media de los segmentos.

Índice Num. 4 : La modificación del índice num. 3 del modo siguiente :

$$m_e = \frac{m_1 + 1\frac{1}{3} m_2 + 2\frac{1}{3} m_3 + 3\frac{1}{3} m_4}{6}$$

Dependiendo el tipo de aeronave; es el número de índice que se utiliza para determinar la pendiente.

Otro punto a consideración es la elevación del aerodromo; en cuanto a mayor altura se encuentre, mayor longitud habrá de tener la pista requerida. La longitud que tendrá la pista

de un aeropuerto puede verse limitada; por el perímetro del terreno o por factores topográficos tales como montañas, el mar o valles profundos.

La Temperatura de Referencia de un aerodromo es aquella que es tomada de la siguiente manera. En un tiempo aproximadamente de cinco años, se toma el promedio del mes más caluroso de los cinco años y se toman las más altas para el promedio.

Consideraciones que se hacen para la Longitud de Pistas :

- Pistas Principales: Salvo cuando una pista vaya asociada con una zona de parada y/o con una zona libre de obstáculos, la longitud verdadera de toda pista principal deberá ser adecuada para satisfacer los requisitos operacionales de los aviones para los que se proyecte la pista y no deberá ser menor que la longitud más larga determinada por la aplicación o las operaciones de las correcciones correspondientes de las condiciones locales y a las características físicas y operacionales de los aviones que tengan que utilizarla. Este requisito no significa necesariamente que se tengan en cuenta las operaciones del avión crítico con peso máximo.

Al determinar la longitud de pista que ha de proporcionarse, es necesario considerar tanto los requisitos de despegue como aterrizaje, así como la necesidad de efectuar operaciones en ambos sentidos de la pista.

- Pistas Secundarias: La Longitud de estas pistas, deberá determinarse de manera similar a las pistas principales, excepto que necesita ser apropiada únicamente para los aviones que requieran usar dicha pista secundaria además de la otra pista o pistas, con objeto de obtener un coeficiente de utilización de por lo menos el 95 %.

Se dispone de manuales de vuelo con datos sobre las características de comportamiento y operaciones de la mayoría de los aviones modernos. También se han preparado curvas y tablas del comportamiento de los aviones para los efectos básicos de la planificación de pistas.

Pistas con zonas de parada y/o zonas libres de obstáculos cuando una pista esté asociada con una zona de parada o una zona libre de obstáculos, puede considerarse satisfactoria una longitud verdadera de pista inferior a la que resultará después de las correcciones; pero en este caso toda combinación de pista, zona de parada y/o zona libre de obstáculos, deberá permitir el cumplimiento de los requisitos de operación para despegue y aterrizaje de los aviones para los que esté prevista la pista.

La solución de proporcionar una zona de parada, o una zona libre de obstáculos, como otra solución al problema de prolongar la longitud de la pista dependerá de las características físicas de la zona situada más allá del extremo de la pista y de los requisitos del comportamiento de los aviones que utilicen la pista. La longitud de la pista, de la zona de parada y de la zona libre de obstáculos, se determinan en función del comportamiento de despegue de los aviones, pero deberá comprobarse la distancia de aterrizaje requerida por los aviones que utilicen la pista tenga la longitud adecuada para el aterrizaje. De otra forma, la longitud de la zona libre de obstáculos no podrá exceder de la mitad de la longitud del recorrido de despegue disponible.

A continuación se da las definiciones sobre las distancias que están asociadas a una pista:

- a) Recorrido de despegue disponible (CTORA) es decir, la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que despegue.

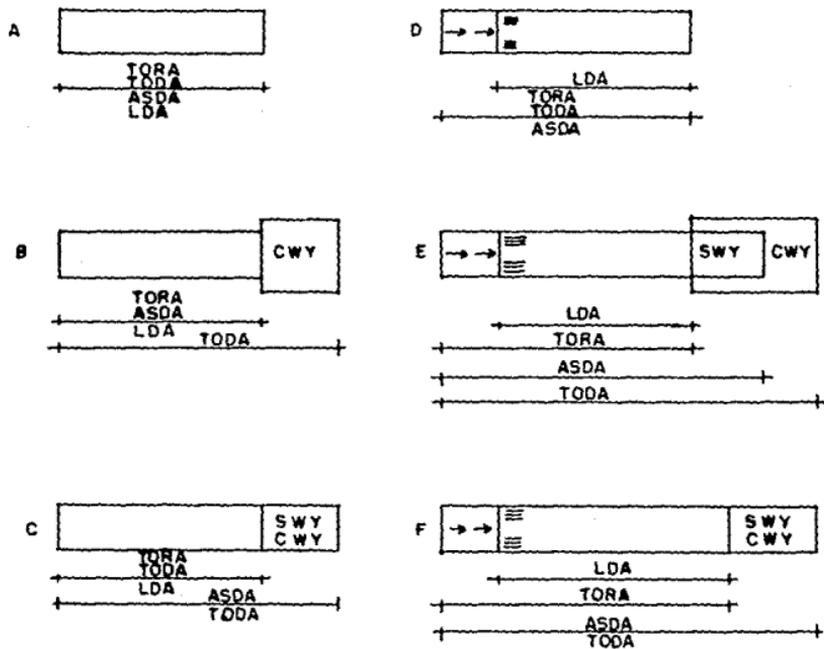
- b) Distancia de despegue disponible (TODA), es la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de la zona libre de obstáculos, si la hubiera.
- c) Distancia de aceleración-parada disponible (ASDA), es la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de zona de parada, si la hubiera.
- d) Distancia de aterrizaje disponible (LDA) es decir, la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que aterrice.

En la figura (6.1) se observan los diferentes casos de la pista con ó sin de zona de parada y zona libre de obstáculos.

De la figura se explican los 6 casos:

- a) Si la pista no está provista de una zona de parada ni de una zona libre de obstáculos y además el umbral está situado en el extremo de la pista, de ordinario, las cuatro distancias declaradas tendrán una longitud igual a la de la pista.
- b) Si la pista está provista de una zona libre de obstáculos (CWS), entonces en la TODA se incluirá la longitud de la zona libre de obstáculos.
- c) Si la pista tiene el umbral desplazado, entonces en el cálculo de la LDA se restará de la longitud de la pista la distancia a que se haya desplazado el umbral. El umbral desplazado influye en el cálculo de la LDA solamente cuando la aproximación tiene lugar hacia el umbral; no influye en ninguna de las distancias declaradas si las operaciones tienen lugar en la dirección opuesta.
- d) Los casos de pistas provistas de zona libre de obstáculos, de zona de parada, o que tienen el umbral desplazado, son los casos B y D de la fig. Si concurren más de una de estas características habrá más de una modificación de las distancias declaradas, pero se seguirá el mismo principio

ILUSTRACION DE LAS DISTANCIAS DECLARADAS.



En todos estos ejemplos de distancias declaradas las operaciones tienen lugar de izquierda a derecha.

FIG. 61

explicado. En los casos E y F de la fig. se presentan dos ejemplos en los que concurren todas estas características.

6.2 METODO DE CORRECCIONES SUGERIDO POR LA OACI

Este método consiste en que se toma como base la longitud de pista dada por el fabricante; que está calculada en condiciones estándar; es decir con una atmósfera tipo de 1013 mb con viento en calma (0 km/h); altitud sobre el nivel del mar; con una temperatura de 15°C, peso máximo y con pendiente nula (0 %). Tomando esta longitud; a continuación se realizan una serie de correcciones que involucren a todos estos factores. Para mejor explicación del método; conjuntamente se realizará un ejemplo.

Datos del Problema

- | | |
|--|---------|
| a) Longitud de pista para aterrizar a nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo. | 1,900 m |
| b) Longitud de pista requerida para despegar en con pendiente nula y a nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo. | 1,700 m |
| c) Elevación del aerodromo | 150 m |
| d) Temperatura de referencia del aerodromo | 24°C |
| e) Pendiente de Pista | 0.5 % |

- 1.-Comparar atmósfera estándar con temperatura de referencia en atmósferas estándar. Esto es para sacar la temperatura a los 150 m en la atmósfera

tipo. La corrección se hace de la siguiente manera; tenemos un ΔT que nos va a reducir la temperatura $0.0065^{\circ}\text{C}/\text{m}$; esto $\Delta T = 0.0065^{\circ}\text{C}/\text{m} \times (150\text{m}) = 0.975^{\circ}\text{C}$ para nuestra temperatura en atmósfera tipo que es de 15°C le restamos el ΔT $15^{\circ}\text{C} - 0.975 = 14.025$ y esta es nuestra temperatura a 150 m en la atmósfera tipo.

- 2.-Calcular la corrección por altitud; que se aumenta a razón del 7 % por cada 300 m de elevación, es decir

$$\begin{aligned} L_{\text{alt.}} &= L_{\text{ref.}} + (L_{\text{ref.}})(0.07 \text{ alt}/300) \\ &= 1,700 + (1700)(0.07)(150/300) \end{aligned}$$

$$L_{\text{alt.}} = 1,759.5 \text{ m.}$$

- 3.-Calcular la corrección por temperatura; se aumentará a razón del 1% por cada 1C en que la temperatura de referencia del aeródromo exceda a la temperatura de la atmósfera tipo correspondiente a la elevación del aeródromo.

$$\begin{aligned} L_{\text{temp}} &= L_{\text{alt}} + (L_{\text{alt}})(0.01)(T_{\text{ref}} - T_{\text{atm. std}}) \\ &= 1,759 + (1,759.5)(0.01)(24 - 14.025) \\ &= 1,935.01 \text{ m} \end{aligned}$$

- 4.-A continuación se hace una revisión que se le llama del 35%; es decir; las dos correcciones anteriores que se hicieron; no deben de rebasar el 35 % de la longitud original; en tal caso si ocurriera; se debe de escoger otro método de cálculo, más preciso que contemple las características físicas y operacionales del avión. Porque significa que dichas correcciones; no son las apropiadas para este tipo de aeronave.

Para nuestro ejemplo: $1,935 / 1,700 = 1.13$

$$\Rightarrow 13 \% < 35 \%$$

por lo que, estamos dentro del margen; el método nos es útil.

- 5.-Corrección por Pendiente. Cuando la longitud básica de despegue sea mayor a 900 m; se hará la corrección de pendiente a razón de un 10 % por cada 1 % de pendiente de pista

$$\begin{aligned}L \text{ pend.} &= L \text{ temp.} + (L \text{ temp.})(0.1)(0.5) \\ &= 1,935 + (1,935)(0.1)(0.5) \\ &= 2,031.75 \text{ m}\end{aligned}$$

- 6.-Se hace una revisión para la longitud de aterrizaje por concepto de elevación del aeródromo.

$$\begin{aligned}L \text{ ater.} &= L \text{ ref. ater.} + (L \text{ ref. ater.}) \\ &\quad (0.07)(150/300) \\ &= 1,900 + (1,900)(0.07)(150/300) \\ L \text{ ater.} &= 1,966 \text{ m}\end{aligned}$$

Por último se comparan las longitudes por aterrizaje y despegue; la que resulte mayor de las dos es la que rige; para el diseño.

En nuestro ejemplo es la longitud para el despegue que es igual a 2,031.75 m /

Este método se aplica generalmente para el cálculo de longitudes de pista, para aeropuertos rurales, en lugares de baja elevación sobre el nivel del mar, y en temperaturas de referencia relativamente bajas.

6.3 METODO USANDO MANUALES DE VUELO

Las diferencias en cuanto a los requisitos en materia de certificación y utilización existentes entre los diversos tipos de aviones actuales, exigen que se estudien por separado las longitudes de pista para despegue y aterrizaje por cada avión en todos y cada uno de los aeropuertos de proyecto, con objeto de determinar la mayor de las dos.

Para este fin se utilizan, lo que elabora el fabricante de cada aeronave, esto es una serie de gráficas basadas en las características físicas y operacionales de cada avión, así como de los parámetros de temperatura de referencia, elevación sobre el nivel medio del mar, viento, humedad relativa, posición de las aletas, pendiente longitudinal de la pista, etc.

Los conceptos de altitud, temperatura y viento; ya fueron explicados anteriormente, en este mismo capítulo. Por lo que hablaremos sólo de los parámetros de : Posición de las aletas, Pendiente Longitudinal de la Pista, Restricciones del peso de despegue por condiciones impuestas en el segundo segmento de ascenso.

a) Posición de las Aletas: La oposición al aire que ofrecen las aletas determina la longitud de la pista, ya que es evidente que a menor grado de inclinación de las aletas, mayor longitud de pista, y a menor peso de despegue. Por el contrario a mayor grado de inclinación de aletas, menor longitud de pista y menor peso de despegue.

b) Pendiente Longitudinal de la Pista: Esta condición influye en la longitud de la pista de la manera siguiente:

OPERACIONES	PENDIENTE	LONGITUD DE PISTA
Aterrizaje	Contra la pendiente	Menor
Despegue	A favor de la pen - diente.	Menor

c) Restricciones del Peso de Despegue por condiciones impuestas en el segundo segmento de ascenso: La distancia de despegue con falla de un motor se define como la distancia requerida para acelerar hasta alcanzar la velocidad de decisión (V1), con todos los motores operando, experimentar la perdida de un motor, continuar acelerando hasta alcanzar la velocidad de rotación (VP) para despegar y alcanzar una altura de 10.7 m (35 pies) sobre el nivel de la pista.

La velocidad de seguridad en el despegue (V2) es aquella que se obtiene a una altura de 10.7 m (35 pies), siendo esta, el resultado de los procedimientos adecuados de rotación y despegue, lo cual permite mantener un porcentaje de pendiente ascendente constante en la trayectoria del avión.

A continuación; se da un ejemplo, se explicaran los nomogramas y como usarlos.

EJEMPLO :

Datos		
Tipo de Avión	:	Boing 747
Altitud del Aeródromo s.n.m.	:	1.220 m
Temperatura de referencia	:	20 °C
Pendiente	:	1 %
Peso de Aterrizaje en Destino	:	220.000 kg
Peso de Combustible a Destino	:	65.000 kg

Peso de Combustible alterno
y reserva : 5,000 kg
Peso de Operación Seco : 170,000 kg

Tendremos que Calcular :

- a) Peso de Despegue
- b) Peso de Carga Pagada
- c) Pesos Máximos Autorizados
- d) Longitudes de Pista a Pesos Máximos
- e) Longitudes de Pista a Peso Real de Despegue
- f) Restricciones

Para este método; ya se toma en cuenta el factor del peso de la aeronave.

$$a) \text{ Peso de Despegue} = \text{Peso de Aterrizaje en Destino} + \\ + \text{Peso de Combustible vuelo a Destino}$$

suponemos que aterriza en el aeródromo de despegue y no realiza ninguna maniobra de espera.

$$\text{Peso de Despegue} = 220,000 + 65,000 \\ = 285,000 \text{ kg.}$$

$$b) \text{ Peso de Carga Pagada} = \text{Peso de Aterrizaje} - \text{Peso de} \\ \text{Combustible Alterno y Reserva} - \\ - \text{Peso de Operación Seco} \\ = 220,000 - 65,000 - 170,000$$

$$\text{Peso de Carga Pagada} = 45,000 \text{ kg.}$$

Este dato nos sirve únicamente, si es costeable el vuelo.

c) Pesos Máximos Autorizados: Este valor, lo sacamos de las gráficas 1,2,3 y 4 que contemplan las siguientes opciones :

Gráfica # 1--	Seco Aletas	20 grados
Gráfica # 2--	Seco Aletas	10 grados
Gráfica # 3--	Húmedo Aletas	20 grados
Gráfica # 4--	Húmedo Aletas	10 grados

Entramos en el eje de las abscisas con el valor de Temperatura ambiente ó de Referencia, se intercepta con la altitud s.n.m., y nos da el resultado en el eje de las ordenadas (Peso de Despegue).

ALETAS	SECO (kg)	HUMEDO (kg)
10 GRADOS	293,000	308,000
20 GRADOS	280,000	294,000

d) Longitudes de Pista a Pesos Máximos, nos auxiliaremos de las gráficas 5,6,7 y 8 que contemplan las siguientes opciones :

Gráfica # 5 --	Seco Aletas	20 grados
6 --	Seco Aletas	10 grados
7 --	Húmedo Aletas	20 grados
8 --	Húmedo Aletas	10 grados

Como se podrá apreciar en la gráfica, el nomograma esta subdividido en cinco partes; considerando los factores de: Temperatura de Referencia, Altitud del Aeródromo s.n.m., Peso de Despegue, Velocidad del Viento, Pendiente de la Pista.

Para nuestro caso se considera viento en calma o sea con una velocidad de cero nudos, y una pendiente ascendente, para efectos de diseño.

Entramos por el eje de las ordenadas, con el valor de la temperatura, se intercepta con el valor de la altitud y se sube verticalmente hasta encontrarse con el valor del peso de despegue, después se corre horizontalmente para llegar al valor del viento y

por ultimo se baja verticalmente hasta topar con nuestro factor que es la pendiente, enseguida nos da el valor de la longitud de pista.

ALETAS	SECO (m)	HUMEDO (m)
10 GRADOS	3,700	4,000
20 GRADOS	3,100	3,300

e) Longitud de Pista a Peso Real de Despegue: Se utilizan las gráficas 5,6,7 y 8 de la misma forma anteriormente descrita.

ALETAS	SECO (m)	HUMEDO (m)
10 GRADOS	3,450	3,200
20 GRADOS	////	3,000

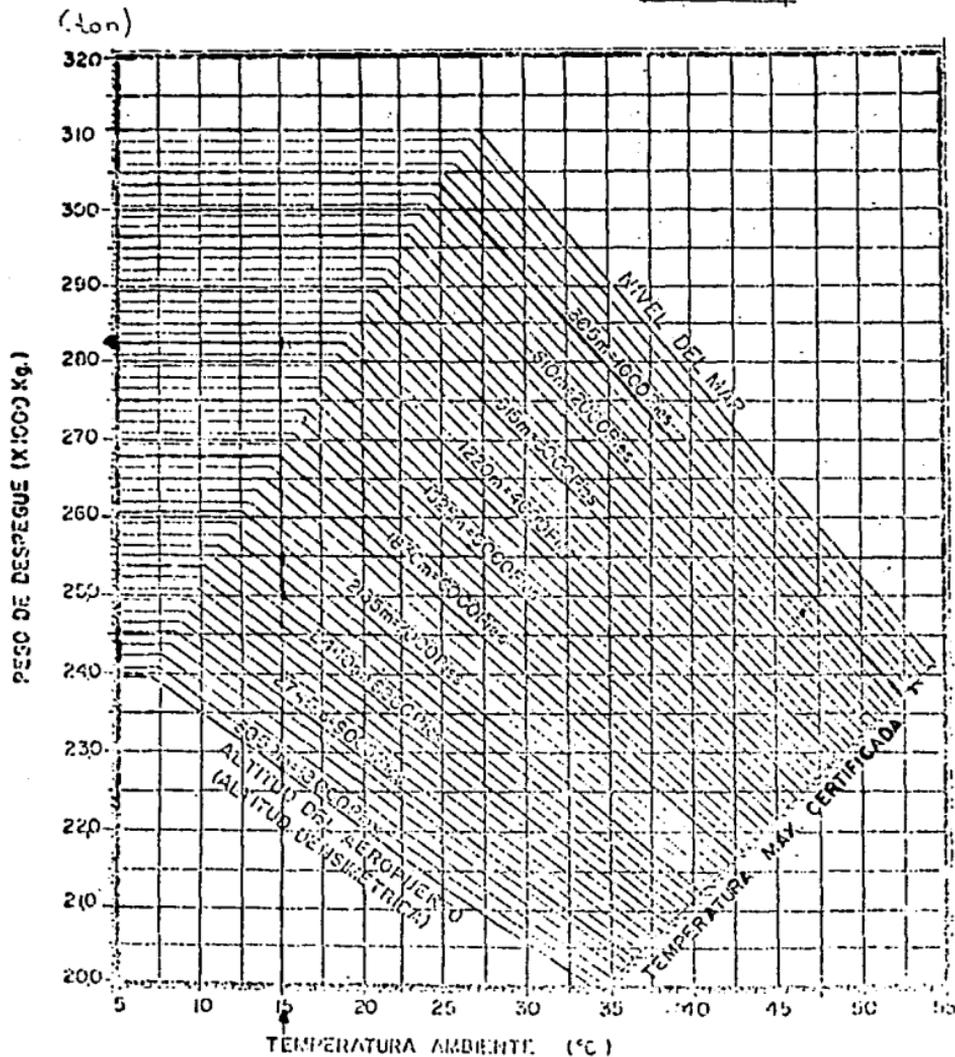
f) Restricciones : Como podemos observar en la tabla anterior; no se puede despegar en la condición de Seco Aletas 20 grados; porque el peso de despegue real es mayor al peso máximo autorizado para despegue.

Para el análisis de la longitud de pista para el aterrizaje. Se hace la consideración que para aviones turbo reactores; necesitarán menos longitud de pista, debido a la perdida de combustible durante el vuelo y como consecuencia se pierde peso, lo cual nos da como resultado una longitud de pista menor.

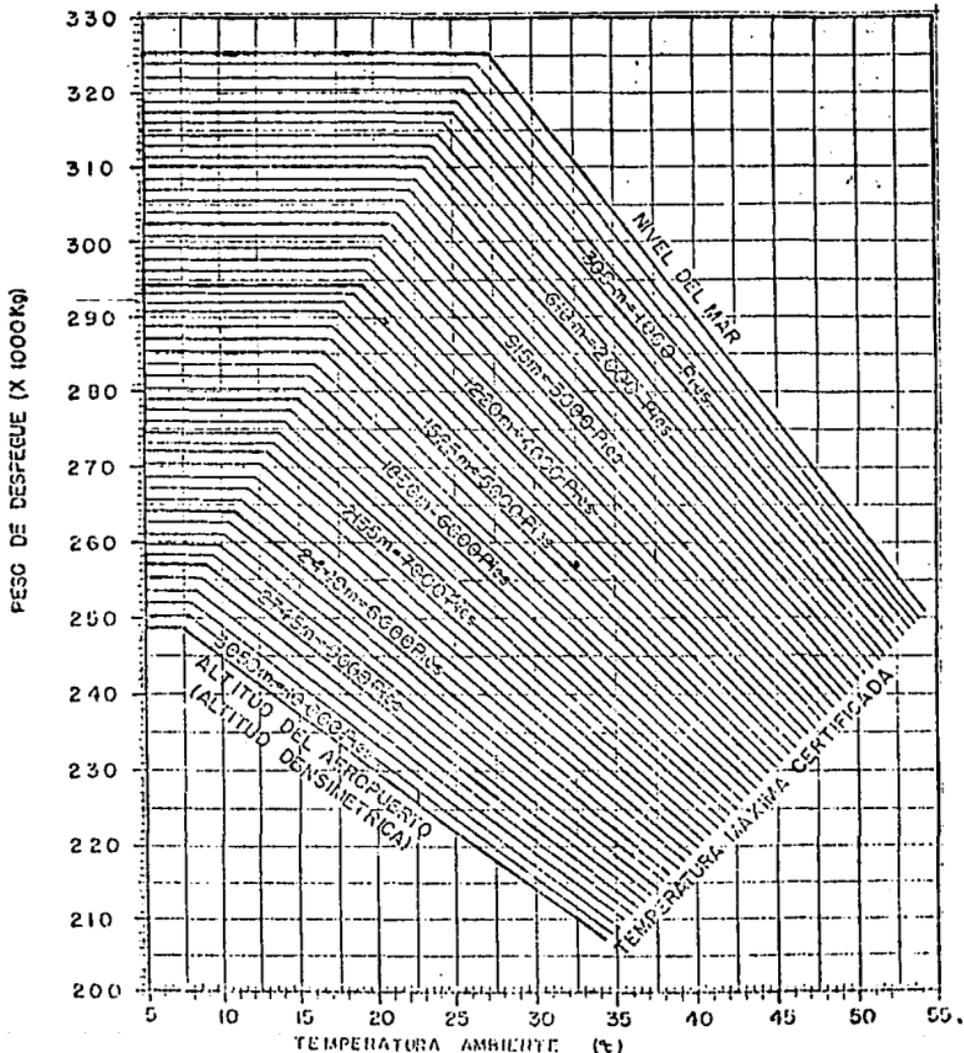
BOEING-747
MANUAL DE OPERACIONES.

COMPORTAMIENTO DL DESPEGE
LIMITACION DE PESO POR ASCENSO.

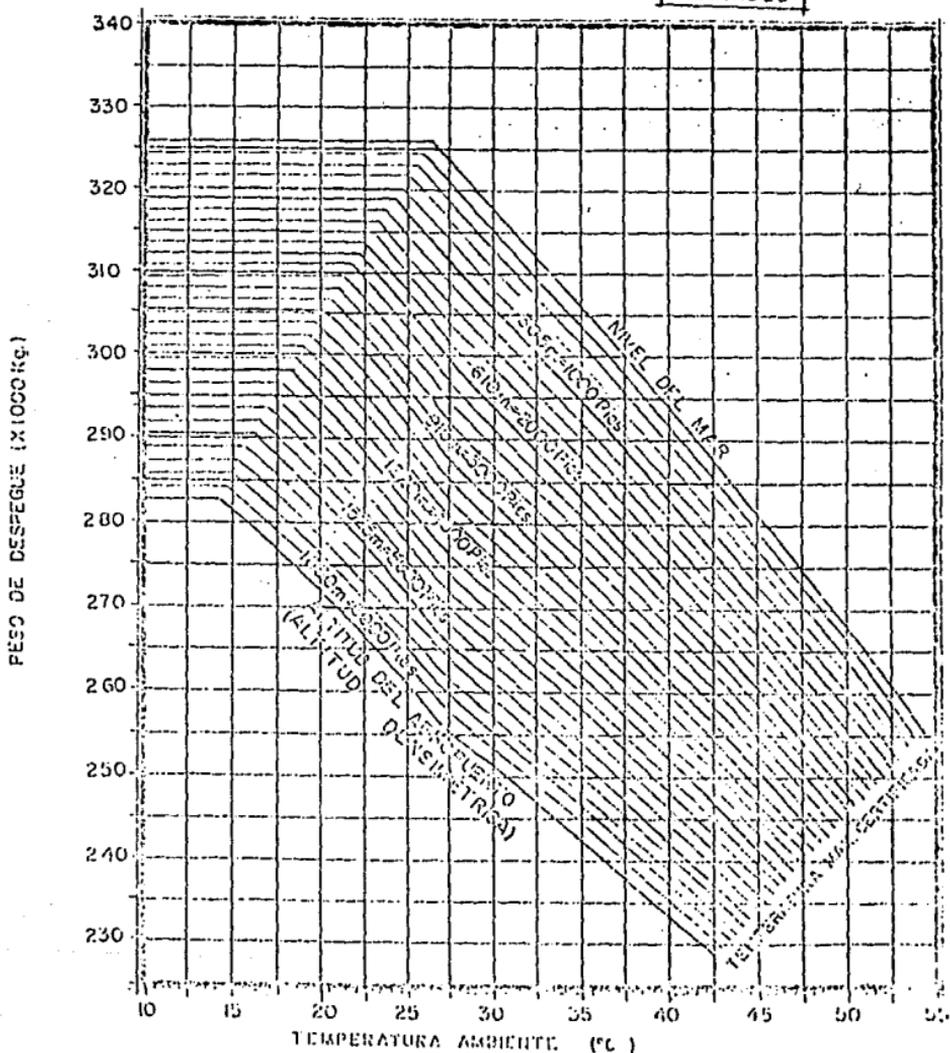
SE CO.
ALETAS 20°



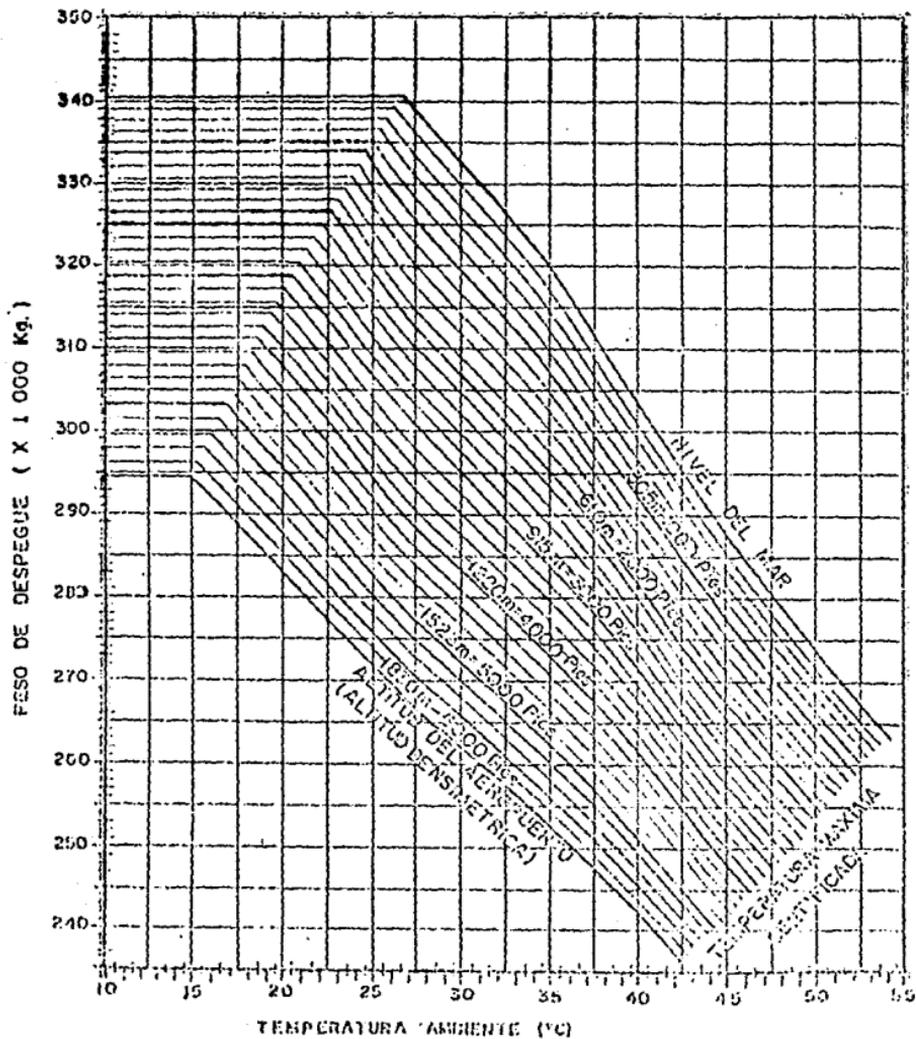
SECO
 ALETAS 10°



HUMEDO
 ALETAS 20°



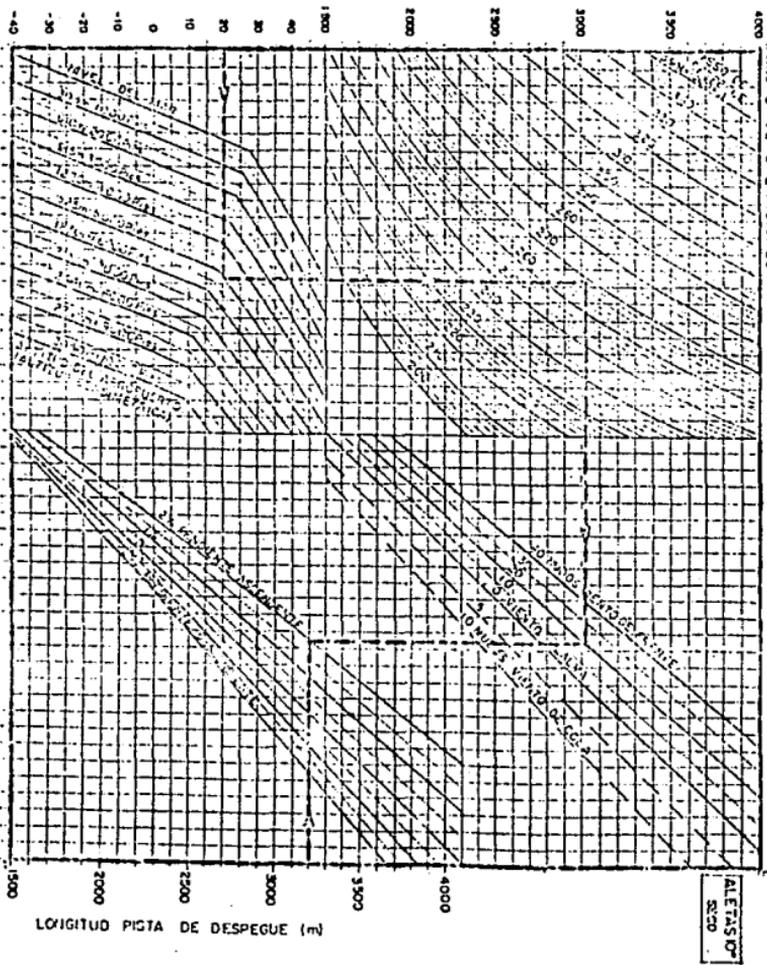
NUMERO
 ALETAS 10°



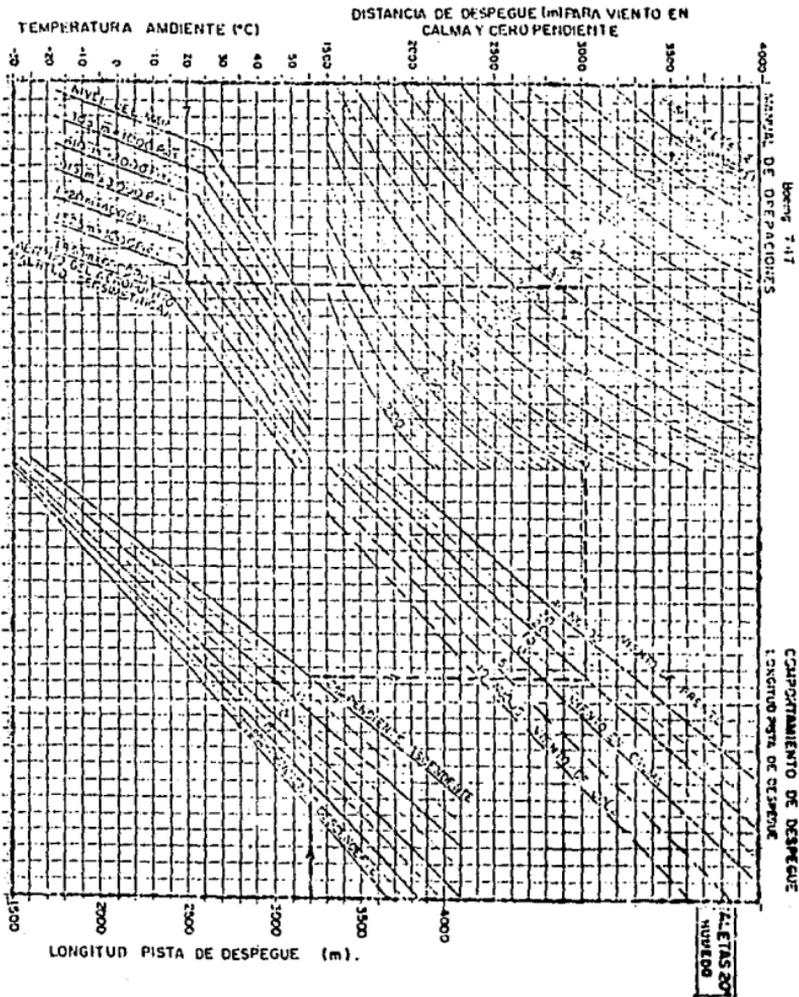
800 800 800

TEMPERATURA AMBIENTE (°C)

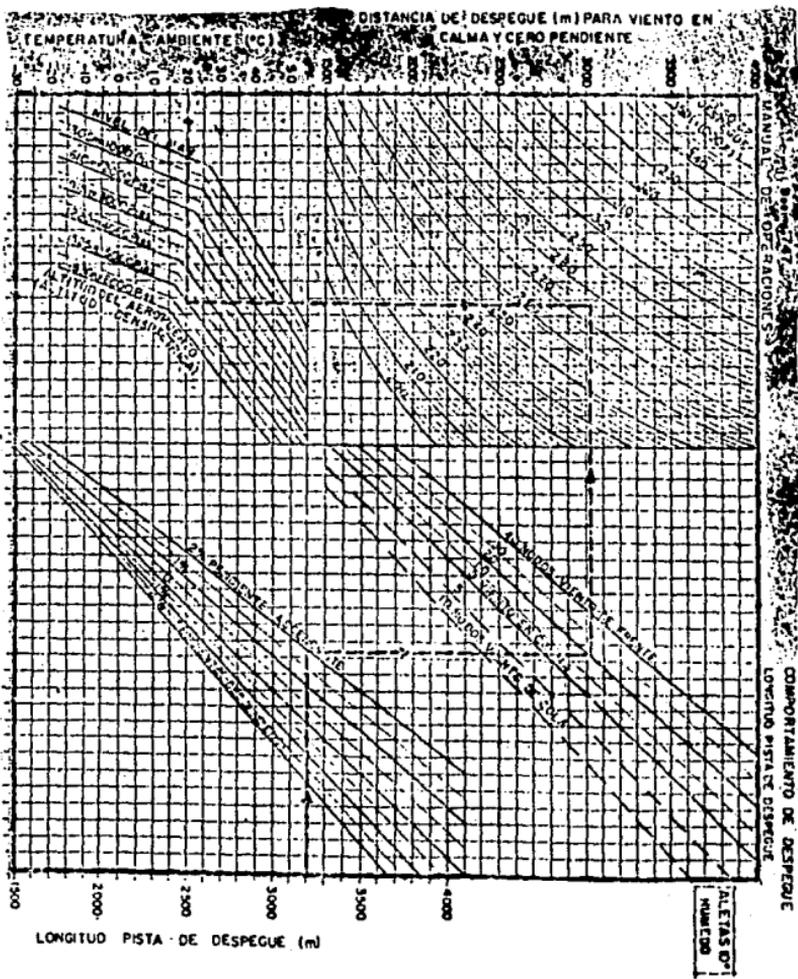
DISTANCIA DE DESPLUGUE (m) ¹ EN EL VIENTO EN CALMA Y CERO FENDIENTE.



MANUAL DE OPERACIONES



VERIFICAR SI ESTOS SON LOS DATOS CORRECTOS



© 1975 DE LA COMANDANCIA EN JEFE FUERZA AEREA

CAPITULO VII

REPERCUSSIONES EN EL PROYECTO

7.1 CONCEPTOS GENERALES SOBRE AMPLIACION
DE PISTA

7.2 CONCEPTOS GENERALES SOBRE CONSTRUCCION
DE PISTA PARALELA

7.1 CONCEPTOS GENERALES SOBRE AMPLIACION DE PISTA

En este capítulo se explicará brevemente las secuencias de cuando hay que modificar la longitud de la pista.

Actualmente en la República Mexicana no existen muchos aeropuertos que se encuentren por ampliar sus pistas.

Un ejemplo que en el cual se encuentra en proyecto de modificar su longitud de pista es Torreón, y no tan tangible Tijuana.

El motivo cuando se desea ampliar la longitud de pista; es principalmente que se requiere introducir una aeronave de mayor tamaño; por las condiciones económicas, sociales ó turísticas que este atravesando la región.

En el caso de Torreón se intenta introducir la aeronave DC10-30, que vuela partiendo de Torreón y aterriza en París. Esto es porque la RENAULT de Francia; tiene una planta en dicho lugar y desea traer todas sus partes directamente de París; por esto le han solicitado a ASA; que se le haga un estudio para que su aeronave vuele a París sin escalas.

Por lo tanto se comienza a estudiar las diversas opciones con que se cuenta, como por ejemplo: con cuanta carga pagable se desea despegar, hasta donde puede llegar la aeronave con toda la carga pagable; dando el tiempo en horas de vuelo como dato con cuanto peso puede despegar?. Se analizan todas estas opciones en ASA; que cuentan con un programa de computadora en el cual tiene como base los nomogramas del fabricante de la aeronave, las condiciones climáticas y físicas de los aeropuertos. También considera la potencia de la aeronave, es decir cuando es mayor la longitud de pista, el avión puede no utilizar toda su potencia en el despegue, y esto nos ayuda a que la aeronave gasta menos combustible y por consiguiente tiene más horas de vuelo.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Otro factor que influye mucho en el tiempo disponible para volar, es la temperatura; que si se desea salir en la mañana por decir 7:00 A.M. la temperatura es favorable y nos aumenta el tiempo de horas de vuelo.

En ASA dentro de la Dirección General de Aeropuertos; se realizaron varias corridas; que a continuación se dan como ejemplos:

La primera se refiere; si queremos despegar con toda la carga pagable, cuantas horas de vuelo podría realizar la aeronave?. Para este caso resultó con un tiempo de 1 hr 40 min, que prácticamente es muy pequeña la distancia de recorrido y no se llega tan lejos.

La segunda corrida, se puso como objetivo llegar a Paris, y la pregunta es: con cuánta carga pagable puede despegar?. Para este ejemplo se consideró 10 hrs. de vuelo, que es aproximadamente el tiempo para volar a Paris. Los resultados que arrojó fueron ilógicos; porque para volar las diez hrs. se necesita quitarle peso a la aeronave, un promedio de 10,500 kg. Esto es imposible.

Para este ejemplo de Torreón la limitante es la aeronave; por lo que forzosamente se tiene que realizar una escala. Porque aunque se le de toda la distancia disponible para despegar con la mínima potencia necesaria y las mejores condiciones del lugar, no es posible realizar este vuelo.

Cuando solamente se requiere aumentar la longitud de pista, para que entre en operación una aeronave mayor, pues principalmente se tienen que modificar calles de rodaje y checar si el área terminal sigue siendo funcional con ese aumento de demanda; ya sea en pasajeros o carga express. Y lo que se tiene que adquirir es todo el equipo menor por así decirlo; para poder darle el servicio y mantenimiento adecuado a la aeronave en tierra.

A continuación se anexan las dos corridas en computadora que fueron elaboradas en la Dirección General de Aeropuertos de ASA.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS

ANALISIS DE LONGITUD DE PISTAS AL DESPELLE
(con pista balanceada y alas coladas)

NORMAS FAR

(Pesos en Kg.) (Kg/Lbs/2.2)

TIPO DE ESTUDIO : Correccion (de Regular en 1100 Mts.)
 TIPO DE RESERVA : Internacional.
 ANALISIS PARA : Pago Definitivo # 10 : 0 Mts.
 ITINERARIO : IPC - III

<< DATOS BASICOS >>

<< RESULTADOS >>

Aerolinea	Aeropuerto	Aerolinea	Aeropuerto
AEROLINEA : 0010-3	AEROPUERTO : TFC	AEROLINEA : 207220 kg.	LONG. PISTA : 3350 Mts.
MOTORES : CFM-562C-R	ALTURA SNM : 3767 Pies	LIMITADO POR : Pista	
LONG. CORR. : 7995 kg. /hr	TEMPERATURA : 37 C	ALETA : 10.5 Grados	
PLANOS : 201 NPA	LONG. PISTA : 3350 Mts.		
	PENSIENTE : 0.00 %		

ANALISIS DE PESOS POR :

TIPO DE LIMITANTE	ALETA : 10.5
1. LONGITUD DE PISTA	207220
2. VELOCIDAD MINIMA DE CONTROL	N/A.
3. SEGUNDO SECTOR	N/A.
4. ASCENSO COMBUSTIBLE	N/A.
5. VELOCIDAD MAXIMA DE CRUCE	N/A.
6. VELOCIDAD LIMITADA POR PENSIE	N/A.

N/A. = No Aplica N/A. = No Limitante N.P. = No Permitido

RESULTADOS PARA LA AERONAVE

C O N C E P T O	PESO / TIEMPO	PORCENTAJE
Peso Seco de Operacion (OOA)	129498	
Combustible Reserva de Coque	1327	
Comb. Carga Preferencial (Cargo)	0	
Combustible para Esperas	2928	
Combustible para Alterno	7952	
Combustible 10% Tiempo CAD (Int #1)	7953	
Combustible para Contingencias	0	
Combustible para Destino	79953	
Combustible Total	71276	55.1 %
Pasajeros	-112 Pax	-37.2 %
Carga en Bodegas (Express)	84	0.6 %
Carga de Pago TOTAL	-10556	-24.9 %
Peso Total al Despele	207220	
Peso de Vuelo en Itinerario	13 : 0	
Peso Total en el Aire	12 : 19	

- NOTAS :

Estos pesos solamente consideran condiciones al momento y por tanto verifican que en el aterrizaje no se exceda el PLM de la aeronave. En consecuencia es necesario comprobar si no se rebasan los pesos maximos permitidos en aterrizaje, tanto en DESTINO como en ALTERNO. Esta verificación puede llevar a restricciones adicionales en la carga de pago, o en el combustible, en el aeropuerto de DRIZEN.

MCC OPERACIONES :
 AIRE ADICIONADO : Puerto
 PROTECCION NIEBLA : Corridos
 UNICO PUNTO DE DESPELLE : Corridos
 OPERACIONES : Operaciones
 NOTAS : Operaciones - Seca
 COMENTARIOS : Alterno

SECRETARIA DE COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS

ANALISIS DE PESOS DE PISTAS AL DESPEGUE
con pista balanceada + pistas cortadas

NORMAS FAR

(Pesos en to. 1 Kg/100/2.2)

TIPO DE ESTUDIO : Analisis.
TIPO DE PESOS : Internacional.
ANALISIS PARA : Carga Pasajeros.
ITINERARIO : TRO - JJJ

<< DATOS BASICOS >>

<< RESULTADOS >>

Aerolinea		Aeropuerto		Aerolinea		Aeropuerto	
AEONAVIA	ADIGUO	AEROPUERTO	TRO	PESSO	176217 kg.		Pista
MOTORES	2xATR400-600	W.TORA 3M	1197 Pies	LIMITADO POR	2		Pista
COND. OPER.	1755 kg.	TEMPERATURA	37 C	WLE	2	2000 Brazos	
CLASIFIC.	100 PAX	COND. PISTA	2250 Mts.				
		PENDIENTE	1.00 %				

ANALISIS DE PESOS POR :

TIPO DE LIMITANTE	ALETA	CDG
1. PESOS DE PISTAS	176217	
2. REGULACION MINIMA DE CONTROL	N/A	
3. SERVICIO SEGURO	N/A	
4. PESOS DE SOBRECARGA	N/A	
5. REGULACION MINIMA DE PASAJEROS	N/A	
6. REGULACION LIMITADA POR PASAJEROS	N/A	

N/A. = No aplica N/A. = No Limitante N/A. = No Permitido

RESULTADOS PARA LA AERONAVE

DESCRIPCION	PESO	TIEMPO	PORCENTAJE
Peso Base de Operacion (OBW)	120495		
Cont. Reserva de Combustible	1300		
Cont. Carga Preferencial Transfer			
Combustible para Escenas	1048		
Combustible para Alterno	1468		
Combustible 100 Tiempo (AC limit al)	268		
Combustible para Contingencias			
Combustible para Destino	3674		
Combustible Total	1274		
Reservorio	301	100%	
Carro y Bodega Express	1148	100%	
Carga de Peso Total	4234	100%	
Peso Total al Despegue	176217		
Tiempo de Vuelo en Itinerario	0 : 27		
Tiempo Total en el Aire	1 : 40		

NOTA:

Datos Pesos solamente consideran condiciones al despegue. Por tanto verifiquen que en el aterrizaje no se exceda el peso de la aeronave. En consecuencia es necesario comprobar si no se rebasan los pesos maxima permitidos en aterrizaje, tanto en DESTINO como en ALTERNO. Esta verificacion puede llevar a restricciones adicionales en la carga de peso, o en el combustible, en el aeropuerto de ORIGEN.

CONDICIONALES :
 TIPO AERONAVAS : A320
 PROTECCION : A320
 UNIDAD OPER. : A320
 SERVICIO : Operativo
 CLASIFIC. : Clase Jumbo - Seces
 AEROPU. : TRO

7.2 CONCEPTOS GENERALES SOBRE CONSTRUCCION DE PISTA PARALELA

Otro caso; es cuando la demanda empieza a incrementarse, de tal manera que se justifica construir otra pista. Esta pista como va a satisfacer a las mismas aeronaves, en idénticas condiciones que laboran actualmente por lo tanto se contruye paralelamente e igual en magnitudes. Y de acuerdo al tipo de aeropuerto; si trabaja por instrumentos, o en forma visual; si las pistas van a operar, simultaneas o secuenciales. Es decir las simultaneas trabajan que al mismo tiempo se realiza un despegue y un aterrizaje. Y las secuenciales que primero se realiza el despegue y en el momento en que ha despegado la aeronave; se efectua el aterrizaje. Todas estas condiciones de como se va a operar en el aeródromo, dan las características de como se va a construir la nueva pista. Esto afecta principalmente: a que separacion se debe de colocar la pista de la ya existente y como se van a diseñar las calles de rodaje, si son de alta velocidad, o si nada más van a estar interconectadas en las cabeceras.

En esta situación se estudian todas las partes del aeropuerto para su ampliación, de acuerdo a la nueva demanda que se haya estimado; y viendo que el nivel de servicio no baje. Un parametro que se utiliza es que debe de haber un área de 12 m^2 por pasajero.

Las áreas que se toman en cuenta para este cálculo son: el vestíbulo, corredores-pasillos, zonas de última espera, zonas de entrega de equipaje. Esto es tanto para la parte nacional como internacional. Toda esta área se divide entre los pasajeros que van a utilizar el aeródromo en la hora pico o crítica, haciendo la consideración que los pasajeros son de llegadas como de salidas.

Entonces con la demanda calculada, se va viendo; cuanto se necesita ampliar, para que siga teniendo el mismo nivel de servicio.

Pero detras de esto se encuentra lo que se le llama Plan Maestro. Este Plan Maestro es el proyecto del aeropuerto que esta diseñado para una demanda estimada, que bien puede suceder a 15, 18, 20 años o más. Esto es por ejemplo un aeropuerto al inicio tiene una demanda de 2 millones de pasajeros por año y esta proyectado para una demanda de 5 millones de pasajeros por año. Si queremos darnos una idea a que tiempo sucederá esto. Pues se realizan estudios de crecimiento de la zona y en una gráfica de demanda contra tiempo se puede verse cuando aproximadamente sucederá esto.

Pero como es muy costoso construir todo el aeropuerto, de un solo momento; lo unico que se hace es construir lo que se necesita actualmente. Con lo demas se dejan las areas libres para cuando la demanda lo solicite se realicen las modificaciones que de antemano ya estaban contempladas. Esto también sirve para que el aerodromo sea autosuficiente y tenga sus propios recursos para realizar sus cambios necesarios.

CONCLUSIONES

Como se pudo apreciar a lo largo del presente trabajo. El aspecto del cálculo de longitudes de pista puede aparentar que es muy sencillo; pero engloba una serie de terminos y conceptos, que sino se tienen bien claros, podrá ocasionar errores irremediables.

Hoy en día es mucho mas fácil realizar el cálculo de longitudes de pista; con la ayuda de programas de computadora. Pero sucede lo mismo como todos los programas; sino se saben manejar, la información que se arroje de dichos programas; no servira de nada.

Pienso que la parte de pistas dentro del conjunto de un aeropuerto; es una de las más importantes que se deben de tener para su planeación y construcción, ya que practicamente es la unión entre el aire y la tierra, es el lugar donde la aeronave puede emprender el vuelo y conectarse con la tierra.

Una parte interesante para el cálculo de longitudes de pista; es que uno conoce por asi decirlo, casi todo el sistema de los aviones. Como por ejemplo: sus características físicas (Carga, ancho, tren de aterrizaje, etc.), operacionales (numero y tipo de motores, cantidad de combustible requerido; con que instrumentos cuenta para la aproximación, etc.).

Otro punto que es muy tangible de consideración y que se habló brevemente de él; porque está fuera de alcance de este trabajo. Son los espacios aereos;

que si bien de nada serviría tener una pista con suficiente longitud que permita los despegues sin ningún problema; si al final de ella se tiene un obstáculo; que no permite librarlo. Es aquí cuando toman importancia los espacios aéreos; y el porque es indispensable tener toda el área libre como lo marcan las disposiciones de la OACI.

Por último, para el cálculo de longitudes de pista se deben de considerar; todas las aeronaves que van a utilizar dicha pista y sus diversas condiciones de despegue. A qué le llamo condiciones de despegue?. Pues con cuanta carga pagable desean salir y otro factor de consideración es su destino; ya que según el destino que tenga, sera la cantidad de combustible a llevar y por consiguiente se sabrá cuanta carga pagable puede adquirir y así se conoce el peso total de la aeronave, que es un dato de vital importancia para el cálculo. Una vez realizando todas estas consideraciones; se conoce cual es el avión más critico y se diseña la pista para dicho avión.

Para concluir, podemos decir que la parte del cálculo de la longitud de la pista o pistas si hay más de una. Esta sumamente correlacionado con el buen funcionamiento del aeropuerto; para que con las mismas aeronaves, con las que cuenta puede tener destinos mucho más largos. Claro esto es si la potencia de la aeronave lo permite. Dicha pista también debe de contar con la suficiente longitud para el caso de falla de motor, en que la aeronave no sufra ninguna avería de tipo estructural; que es una de las partes más importantes para una aeronave.

REFERENCIAS

INGENIERIA DE AEROPUERTOS
MODULO: PROYECTO
UNAM FAC. INGENIERIA
DIV. EDUCACION CONTINUA

PLANIFICACION Y DISEÑO DE AEROPUERTOS
ROBERT HORONJEFF
MC GRAW-HILL

OPERACION DE AERONAVES
VOL. I
OACI

AERODROMOS ANEXO 14
VOL. I
OACI

MANUAL DE PROYECTOS DE AERODROMOS
PARTE 1: PISTAS, DOC. 9157
OACI

MANUAL DE PLANIFICACION AEROPUERTOS
PARTE 1: PLAN MAESTRO, DOC. 9184
OACI