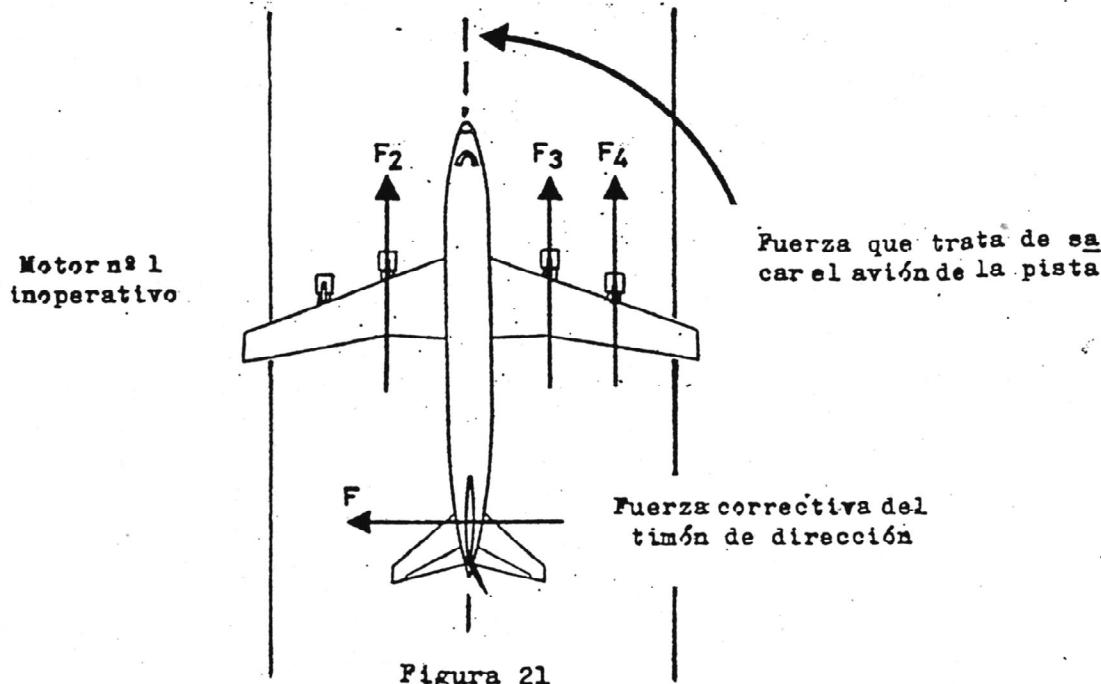


VELOCIDAD MINIMA DE CONTROL EN TIERRA -  $V_{MCG}$  → minimum  
 ground → control

Supóngase un tetrarreactor avanzando decididamente sobre la pista para concretar el despegue. En un momento determinado falla un motor crítico (por ejemplo el N° 1), considerándose motor crítico al más alejado del eje longitudinal. En el caso de un bimotor, el motor crítico está identificado en el Manual de Operaciones.

Inmediatamente tienen lugar dos consecuencias importantes para la operación de despegue: a) se produce una pérdida de aceleración que obliga emplear más tiempo para alcanzar la velocidad segura de despegue y a recorrer más pista por ese motivo, y b) el empuje distribuido uniformemente en los cuatro reactores se descompensa haciendo que por mayor empuje en la banda de estribor (motores 3 y 4), el avión inicie un suave giro alrededor del eje vertical, desviándose hacia el borde izquierdo de la pista. (ver figura 21). De continuar su carrera en estas condiciones se perderá el control direccional y el avión despistará con consecuencias imprevistas pero potencialmente perjudiciales para la máquina y sus ocupantes. La primera consecuencia es irreversible. No se puede recuperar la pérdida de empuje cuando el avión opera a potencia máxima (Potencia de despegue). En cambio, con respecto a la asimetría de empuje registrada, puede equilibrarse moviendo el timón de dirección hacia la derecha con lo



cual se crea una fuerza aerodinámica suficiente como para obligar al avión a continuar su carrera rectilínea a lo largo del eje longitudinal de la pista.

Las normas establecen que haciendo uso solamente de controles aerodinámicos, se elimine la asimetría en caso de continuar el despegue después de la falla de motor. En la figura 21 el motor fallido es el Nº 1 y el timón direccional tiene que ser movido en la forma indicada. Cuando la velocidad de desplazamiento sobre la pista es baja, los movimientos del timón de dirección son intrascendentes para crear una fuerza aerodinámica significativa pero cuando la velocidad crece, el timón produce una fuerza considerable capaz de anular el predominio de fuerzas de los dos motores funcionando. Nunca debe detenerse el motor simétrico de la banda opuesta para compensar esa asimetría, porque si existen posibilidades de detener el avión en el resto de pista disponible corresponde cortar todos los motores y si necesariamente hay que decolar, esa pérdida intencional de empuje deteriora peligrosamente la situación. En consecuencia, existe una velocidad expresada en IAS denominada:

**VELOCIDAD MINIMA DE CONTROL EN TIERRA** a partir de la cual el avión es direccionalmente dominable mediante el uso exclusivo de controles aerodinámicos cuando un motor falla y el o los restantes continúan operando a potencia de despegue

Interesa que el valor de la  $V_{MCG}$  sea el menor posible, lo que ocurre con todos aquellos aviones que tienen motores próximos al eje longitudinal o están provistos de un timón de dirección de grandes dimensiones.

La  $V_{MCG}$  se determina sin utilizar la orientabilidad de la rueda de nariz. Esto significa que se dispondrá de un margen favorable si se utiliza oportunamente la rueda de proa. En algunos casos se ha otorgado el certificado de aeronavegabilidad haciendo uso del apoyo que brinda la rueda de nariz contra el suelo (V.G. con el DC8) debido a que la distancia entre el tren principal y la rueda delantera es muy larga. Cuando esa distancia es corta, se corre el riesgo que la inercia del avión arrastre la rueda de nariz ya sea que se la gire para un lado o para el otro. Con el aumento de la densidad del aire el timón de dirección actúa con más fuerza para obligar al avión a mantener una trayectoria rectilínea a lo largo de la pista, de manera que, se obtendrán velocidades de control en tierra más bajas cuando las condiciones de temperatura ambiente y la elevación del aeródromo (presión de altitud) sean también bajas. También influyen sobre la  $V_{MCG}$  mayor graduación de flaps y el viento cruzado que sopla en dirección del posible desvío lateral.

## VELOCIDAD DE DECISION - $V_1$

La  $V_1$  se utiliza para resolver la situación provocada por la falla de un motor en la parte terrestre de la trayectoria de despegue, de forma tal que el Piloto pueda decidir si es factible interrumpir el despegue y detener el avión dentro de la longitud de pista disponible y zona de parada (si la hubiere), o proceder al despegue aunque haya perdido parte importante del empuje normal de despegue. Si el Piloto percibe el fallo de motor antes de la  $V_1$ , debe abortar despegue; si lo detecta después de  $V_1$ , debe seguir y concretar el despegue con ese motor inoperativo. Si lo detecta exactamente en  $V_1$  puede tomar cualesquiera de las dos decisiones, aunque lo aconsejable, es optar por la primera alternativa.

Debe tenerse en cuenta que la falla de motor no coincide exactamente con la  $V_1$ , sino que se produce unos segundos antes que el Piloto tome conciencia del fallo y actúe. La  $V_1$  se calcula para el preciso momento que el Piloto toma acción. El fallo de motor ocurre repentinamente a una velocidad algo inferior a la  $V_1$  llamada velocidad de falla de motor ( $V_{EF}$  = engine failure). La  $V_1$  sufre un retardo hasta que el Piloto detecta el fallo y reacciona ya sea por un pequeño tránsito que produce el avión alrededor del eje vertical o por denuncia de ciertos instrumentos del panel (tacómetros, flujómetros, etc.). Pasan entonces unos segundos entre la  $V_{EF}$  y la  $V_1$ , que es la velocidad a la que el Piloto hace valer su decisión de cortar motores y frenar la aeronave para interrumpir la aceleración o continuar la carrera del avión para despegar con empuje reducido. Es decir que, entre la  $V_{EF}$  y la  $V_1$ , transcurre un intervalo de tiempo que debe tomarse en consideración porque la aeronave continúa corriendo sobre la pista (se calcula a razón de un segundo por cada control que debe moverse, como por ejemplo, cortar motores, aplicar frenos, desplegar elementos aerodinámicos de frenado y todo aquello que contribuya a detener el avión lo antes posible).

Antes de progresar en el estudio de la  $V_1$  conviene definir dos distancias significativas que hacen al ordenamiento lógico de nuestro estudio. Son: Distancia de Despegue (TOD = take off distance), y Distancia de Aceleración Parada (ASD = acceleration-stop distance).

Recibe el nombre de DISTANCIA DE DESPEGUE la mayor de las posibles distancias recorridas por un reactor, en la carrera de despegue con todos los motores operativos o con un motor inoperativo, según las siguientes definiciones:

**DISTANCIA DE DESPEGUE - CON UN MOTOR INOPERATIVO:** la distancia horizontal a lo largo de la trayectoria de despegue desde el arranque o punto inicial de la carrera de despegue, hasta el punto que el reactor alcanza una altura de 35 FT (10,66m) sobre la pista;

y CON TODOS LOS MOTORES OPERATIVOS: un 15% más que la distancia comprendida entre el punto inicial de la carrera de despegue y los 35 FT de altura sobre la pista.

Nota: cuando no se especifica y se dice simplemente distancia de despegue, es el mayor de ambos valores.

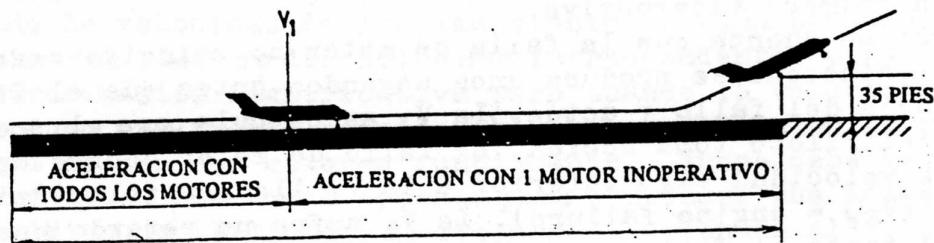


Figura 22 - Distancia de Despegue con un motor inoperativo.

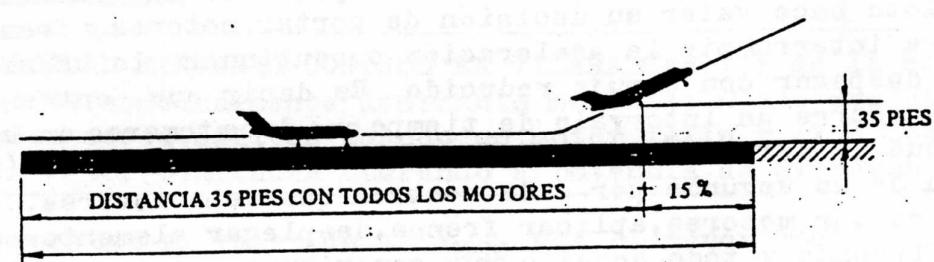


Figura 23 - Distancia de Despegue con todos los motores operativos

Resulta difícil generalizar estableciendo a priori cual de las dos longitudes mencionadas es mayor, si la distancia de despegue con todos los motores operativos más el 15% o la distancia de despegue con un motor inoperativo detectado en  $V_1$ . En los Manuales de Vuelo el constructor del avión, salvo raras excepciones, tampoco suele especificar cual de las dos distancias requiere más pista. De todas formas, el detalle no tiene interés operativo ya que basta con saber que la longitud de pista necesaria que se obtiene del Manual de Vuelo, es la mayor de las dos. Los fabricantes que indican cual de las dos distancias es mayor, lo hacen en publicaciones especiales destinadas a la instrucción del personal de vuelo, en las que los datos que se ofrecen carecen de validez oficial. Examinando rápidamente el problema tenemos: el fallo de un motor en un birreactor es mucho más crítico, en cuanto a distancias recorridas, que el fallo de un cuatrimotor ya que en el primero significa haber perdido la mitad del motor.

distancia de despegue con todos los motores operativos para los bimotores sin que ésto deba considerarse de constante cumplimiento. En cambio, en los cuatrimotores es generalmente mayor la distancia de despegue con todos los motores funcionando normalmente, multiplicada por 1,15, que la distancia de despegue con un motor inoperativo. La longitud de pista para cualesquiera de los dos casos, es función del peso de la aeronave, de la presión de altitud, la temperatura ambiente, pendiente de pista, posición de los flaps y de la disminución de empuje ocasionado por las "sangrias" (V.G. los turbocompresores), etc.

Se conoce como DISTANCIA DE ACELERACION-PARADA (ASD) a la suma de los siguientes segmentos:

- distancia necesaria para acelerar el avión desde que se inicia la carrera del despegue hasta una velocidad a la cual, un motor queda subitamente inoperativo ( $V_{EF}$ ),
- la distancia recorrida entre el punto en el que se ha supuesto que el motor ha fallado y el momento que el Piloto se da cuenta del fallo ( $V_1$ ), y
- la distancia necesaria para detener completamente el avión desde el momento que se alcanzó  $V_1$ .

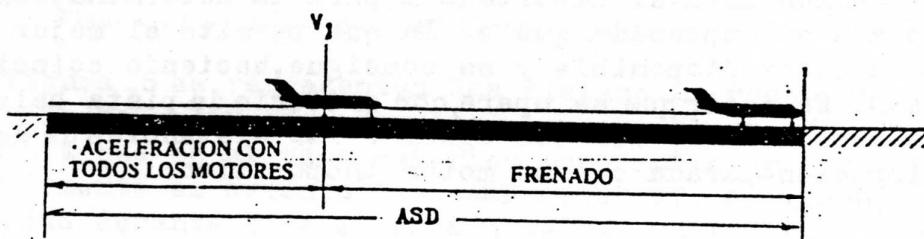


Figura 24 - Distancia Aceleración-Parada sin Zona de Parada

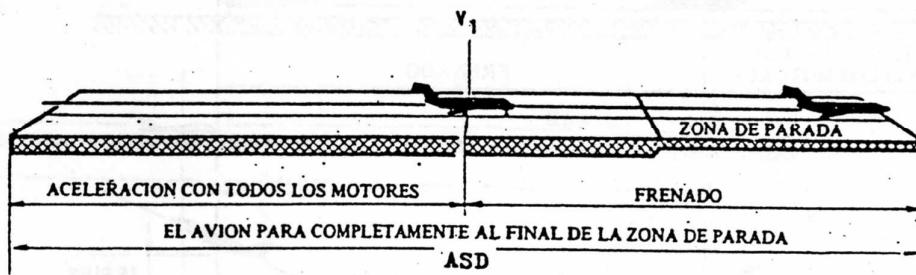


Figura 25 - Distancia Aceleración-Parada con Zona de Parada

Para detener el avión después de ser acelerado hasta  $V_1$ , deben ser usados todos los medios normales de frenado siempre que se haya demostrado que son seguros y confiables y no se requiera, por parte del Pi-

loto una destreza excepcional para controlar el avión. La Reglamentación indica que para las pruebas de certificación, no debe usarse reversible, es decir que, la reversa no se considera medio de frenado normal.

Tanto la distancia de despegue como la distancia aceleración parada son usadas con dos conceptos diferentes en la operación de las aeronaves: la REQUERIDA que es la que necesita el avión para dar cumplimiento a la performance de despegue (TOD y ASD) y la DISPONIBLE, que es la que posee el aeródromo (en el ANEXO 14 se abrevian: TOD = take off distance available y ASDA = acceleration-stop distance available). La que se determina con los Manuales del avión, es la requerida o necesaria y la que figura en el AIP y cartas aeronáuticas, es la disponible.

#### PISTA BALANCEADA o COMPENSADA

La  $V_1$  tiene fundamental importancia para la determinación de la pista balanceada o compensada que es la que permite el mejor aprovechamiento de la pista disponible y se consigue, haciendo coincidir la TOD con la ASD. Es decir que se opera con criterio de pista balanceada o compensada cuando la  $V_1$  permite igualar las distancias de despegue y la de aceleración-parada con un motor inoperativo:

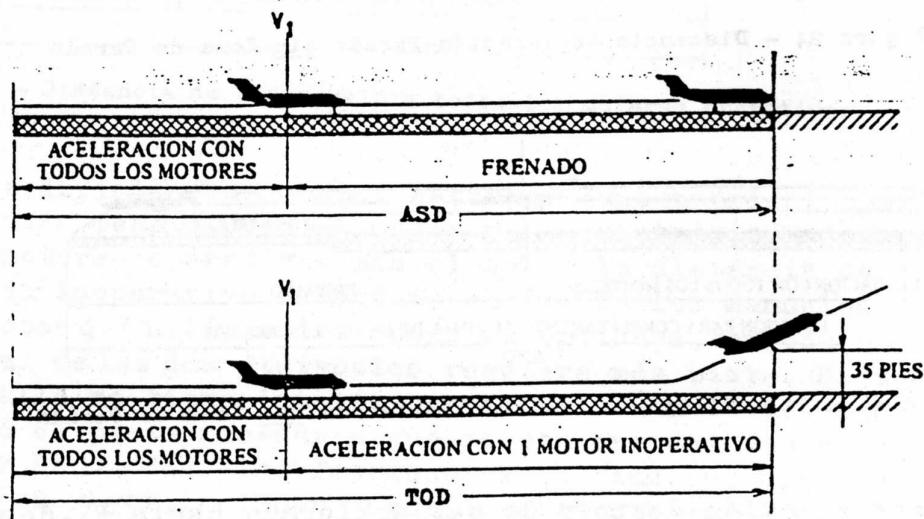


Figura 26.- Distancia Aceleración-parada = Distancia de Despegue

Supóngase que un avión durante la parte terrestre de la trayectoria de despegue (sin problemas con la  $V_{MCG}$  pequeña) tiene falla de motor a  $V_1 = 95$  KT. Como la distancia recorrida desde la suelta de fre-

el despegue, la distancia para detener el avión tendrá poca extensión, de manera que, asignando valores resultaría  $ASD = 5000 \text{ FT}$  (ver figura 27 parte superior). Pero si el Piloto en lugar de frenar a partir de  $V_1$ , decide continuar el despegue la  $TOD = 10000 \text{ FT}$  porque se requiere más pista que la normal para continuar acelerando el avión y alcanzar la velocidad de despegue con el empuje disminuido por la parada del motor (ver figura 27 parte inferior).

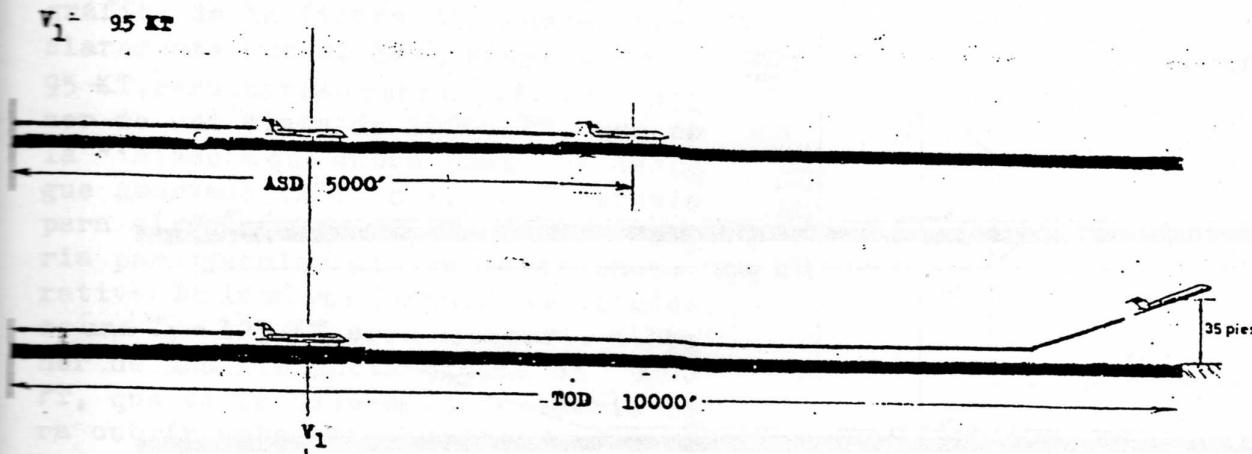


Figura 27 -  $ASD = 5000 \text{ FT}$  y  $TOD = 10000 \text{ FT}$

En la figura 28 se representan las distancias recorridas por el avión cuando la  $V_1 = 110 \text{ KT}$ . Resulta que como  $V_1$  es más alta se necesita más pista que en el caso anterior para acelerar hasta  $V_1$  y detener posteriormente el avión, o sea,  $ASD = 6500 \text{ FT}$ . Asimismo, como el camino recorrido durante la aceleración es mayor y la  $V_1$  es más alta, no se requiere tanta pista para alcanzar la velocidad de despegue que de esta forma resulta  $TOD = 8000 \text{ FT}$ :

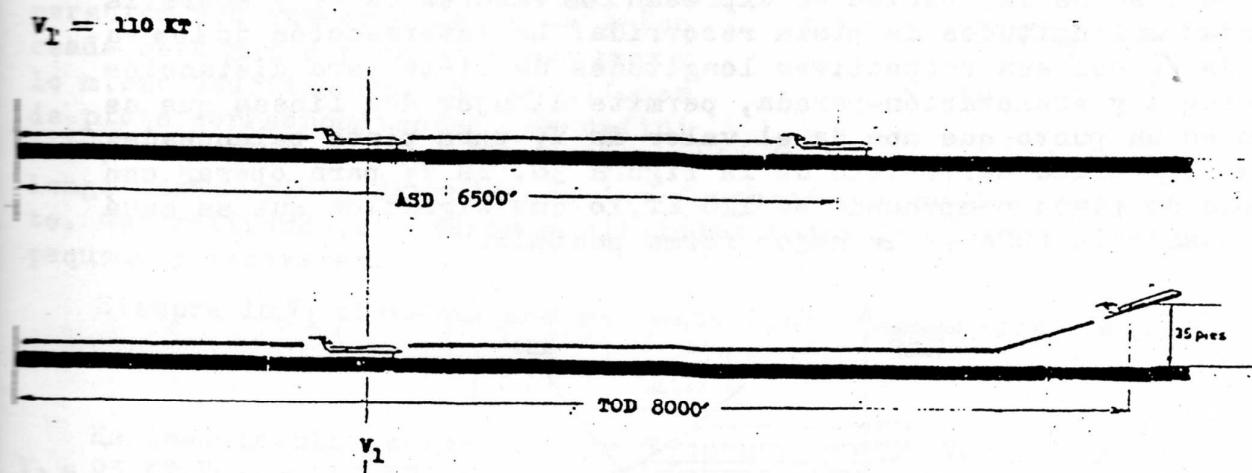


Figura 28 -  $ASD = 6500 \text{ FT}$  y  $TOD = 8000 \text{ FT}$

Finalmente en la figura 29, se representa el caso de una  $V_1 = 125$  nudos con  $ASD = 9000$  FT y  $TOD = 7000$  FT:

$$V_1 = 125 \text{ KT}$$

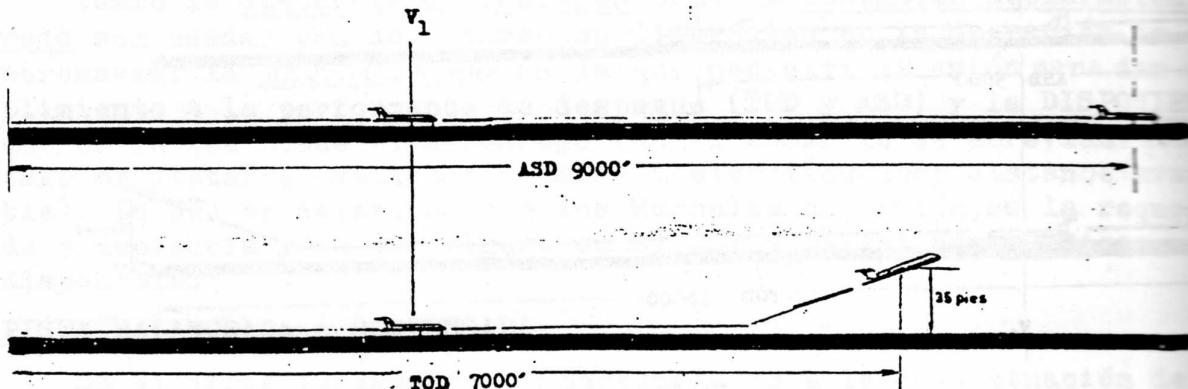


Figura 29 -  $ASD = 9000$  FT y  $TOD = 7000$  FT

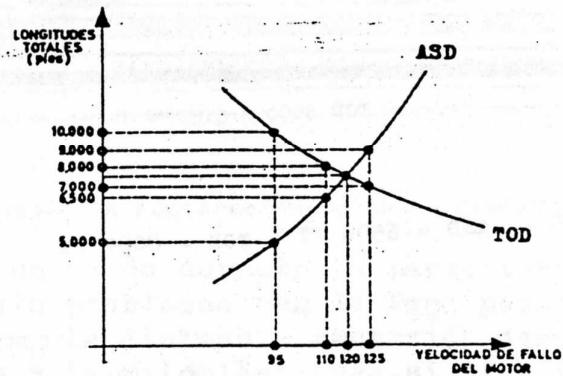
Luego:  $V_1 = 95$  KT: 5000 FT - TOD 10000 FT

$V_1 = 110$  KT: 6500 FT - TOD 8000 FT

$V_1 = 125$  KT: 9000 FT - TOD 7000 FT

Estas tres situaciones se representan en un gráfico (figura 30) en el cual sobre la abscisa se expresan los valores de  $V_1$  y sobre la ordenada las longitudes de pista recorrida. La intersección de los valores de  $V_1$  con sus respectivas longitudes de pista para distancias de despegue y aceleración-parada, permite dibujar dos líneas que se cruzan en un punto que nos da el valor de  $V_1$  para pista balanceada.

En el gráfico cartesiano de la figura 30, la  $V_1$  para operar con criterio de pista compensada es 120 KT, lo que significa que se está aprovechando la TODA en la mejor forma posible.



Se opera con criterio de PISTA BALANCEADA cuando el valor que se selecciona para  $V_1$  es tal que la distancia aceleración-parada es igual a la distancia de despegue.

Si el valor que se toma como velocidad de decisión es otro diferente al anterior, mayor o menor, se dice que se opera con criterio de pista "no compensada". Utilizando el gráfico de la figura 31, puede verse claramente que si la  $V_1$  elegida fuese 95 KT, resultaría imprescindible disponer de una pista de 10000 FT, que es la distancia que cubre tanto el despegue abortado (ASD) como la distancia para alcanzar los 35 FT (TOD) necesaria para decolar con un motor inoperativo. De la misma forma, si se eligiese una  $V_1 = 125$  KT, será necesario disponer de una distancia mínima de 9000 FT, que es la distancia necesaria para cubrir ambas distancias: la de aceleración-parada y la de despegue requeridas (ver figura 32). No olvidar que la ASD y la TOD del gráfico utilizado, corresponden a unos valores determinados de peso del avión, viento de frente o de cola, temperatura y presión de altitud del aeródromo, pendiente de pista y calaje de flaps. Así por ejemplo, las curvas para dos pesos diferentes, serán distintas y la  $V_1$  de operación con criterio de pista balanceada, será mayor para un peso mayor y lo mismo ocurrirá con las longitudes de pista correspondientes. En definitiva, sea cual fuere el tipo de operación (balanceada o no), la  $V_1$  y las longitudes de pista dependen de los factores enumerados anteriormente. Generalizando, con pesos y altitudes bajas la  $V_1$  tendrá un valor pequeño y viceversa.

Siempre la  $V_1$  tiene que ser más alta (por lo menos igual) a la  $V_{MCG}$ :

$$V_1 \geq V_{MCG}$$

Es inadmissible operar con una  $V_1$  menor que la  $V_{MCG}$  (por ejemplo  $V_1 = 95$  KT,  $V_{MCG} = 110$  KT) porque si ocurre falla de motor a los 95 KT,

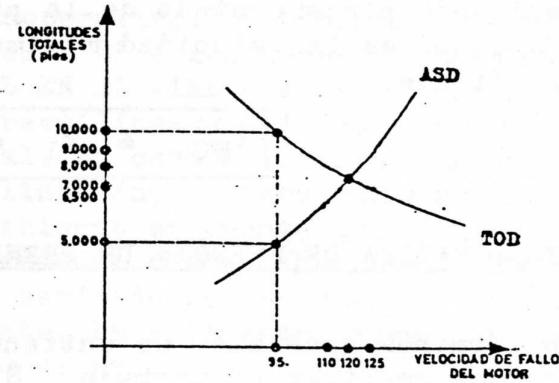


Figura 31.

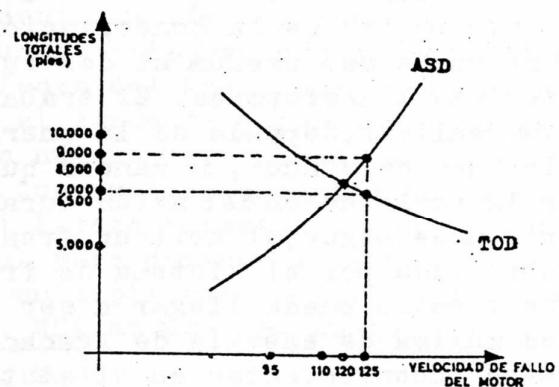


Figura 32

en caso que el avión continúe el despegue después de  $V_1$ , carecería de control aerodinámico y en consecuencia entre 95 y 110 KT, se desorientará saliendo por un costado de la pista. La  $V_1$  fluctúa entre la  $V_{MCG}$  y la  $V_{MBE}$ , que es la velocidad máxima que no debe ser excedida para aplicar frenos.

$$V_{MCG} \leq V_1 \leq V_{MBE}$$

VELOCIDAD MAXIMA DE ENERGIA DE FRENADO -  $V_{MBE}$  → Maximum Energy → Brake

En términos generales se entiende por energía, la capacidad de un cuerpo para realizar un trabajo. Si el cuerpo se encuentra en movimiento, incrementa su energía con el aumento del cuadrado de la velocidad. Esa energía se reconoce como energía de movimiento o energía cinética. La ley de la conservación de la energía establece que la misma no puede ser creada ni destruida sino que únicamente puede ser transferida o transformada. El trabajo que un cuerpo en movimiento es capaz de realizar, depende de la energía cinética que ha acumulado con su velocidad de avance, de manera que, la energía cinética concentrada por la aceleración del avión durante la parte terrestre de la trayectoria de despegue, al aplicar frenos se transforma en energía calorífica absorbida por el sistema de frenado. La temperatura en el sistema de frenado puede llegar a ser elevada si no se respecta la velocidad máxima de energía de frenado a punto tal que pueden producirse graves inconvenientes en el sistema de rodaje y reventón de neumáticos (si no actúan antes las válvulas de alivio) con desastrosas consecuencias para el avión y sus ocupantes. En consecuencia:

LA VELOCIDAD MAXIMA DE ENERGIA DE FRENADO es como su nombre lo indica la velocidad máxima que puede tener el avión en caso de aplicar frenos para abortar el despegue

Existe en el Manual de Vuelo del B707-300, bajo el título de "Tiempo Mínimo para Despegue" una advertencia indicando que no se debe intentar ningún decolaje antes de los 40 minutos de ocurrido el aterrizaje previo, donde se ha utilizado el sistema de frenado a máxima presión admitida. El motivo radica en la elevada temperatura acumulada en el tren de aterrizaje después de usar frenos en esas condiciones por lo tanto es necesario aguardar un tiempo prudencial para que se disipe el calor antes de intentar un nuevo recalentamiento del tren procediendo al despegue inmediato.

VELOCIDAD MINIMA DE CONTROL EN EL AIRE - VMCA → minimum  
 air → control

Analogamente a lo que ocurre en tierra, si falla un motor en vuelo se producirá un desplazamiento lateral del avión debido al empuje superior en la banda contraria a la del motor detenido. La aeronave no podrá mantener la trayectoria recta desviándose hacia la derecha o izquierda según el motor inoperativo. En consecuencia, existe una velocidad por debajo de la cual el avión no es controlable, llamada VELOCIDAD MINIMA DE CONTROL EN EL AIRE que es la que permite al Piloto mantener una derrota rectilínea como la que debería haberse seguido en la operación normal. En caso de inclinar el avión sobre el motor operativo, esta inclinación, no debe ser superior a 5° (ala del motor parado arriba) teniendo en cuenta que la velocidad de avance disminuye por cada grado de alabeo. Como todas las velocidades y distancias críticas, una serie de requerimientos son exigidos por la Reglamentación existente. En este caso, además de las normas ya citadas, se pide también que el avión de cumplimiento a las siguientes condiciones: 1) el tren debe hallarse retráctil, no así los flaps que deben permanecer en posición de despegue; 2) el CG podrá hallarse en posición desfavorable dentro de límites pero compensado para el despegue; 3) los motores funcionando con empuje correspondiente a potencia de despegue; 4) efecto del suelo despreciable; 5) la fuerza necesaria a aplicar sobre el timón de dirección para esta velocidad no debe ser superior a un número determinado de kilos; 6) desde el momento que el motor queda inoperativo el avión no debe tomar ninguna actitud peligrosa, ni el Piloto necesitará una destreza fuerza o estado de alerta excepcional para dominar la situación. La VMCA nunca debe ser superior a la Vs multiplicada por 1,20, por el contrario, ésta debe ser superiora la VMCA en un 10%. Luego:

$$\boxed{\text{VMCA} \leq 1,20 \cdot V_s}$$

La VMCA varía en función de la presión de altitud, temperatura exterior y empuje de los motores, aumentando conforme disminuye la presión, asciende la temperatura o disminuye el empuje de los motores.

**LA VELOCIDAD MINIMA DE CONTROL EN EL AIRE** es la velocidad en vuelo más baja a la cual el avión es plenamente controlable con una máxima de 5° de inclinación lateral, cuando uno de los motores dejá de funcionar repentinamente

—oo0oo—

VELOCIDAD DE ROTACION -  $V_R$ 

Es la velocidad a la que debe hacerse rotar el avión alrededor del eje transversal para lanzarlo al aire y obtener la velocidad segura de vuelo ( $V_2$ ) a los 35 FT de altura sobre la pista.

Por razones obvias tiene que ser mayor que la  $V_1$ , y en un 5% superior a la  $V_{MCA}$ , es decir, que poco antes de estar en vuelo ya se dispone de velocidad de control en vuelo.

$$V_R \geq V_1$$

$$V_R \geq 1,05 \cdot V_{MCA}$$

La  $V_R$  es una velocidad fundamentalmente operativa. Es de gran importancia calcular bien su valor y rotar el avión a esa velocidad. Ni antes ni después. Los datos de longitud de pista que se suministran en el Manual de Vuelo del avión, están calculados suponiendo que se rota el avión a la  $V_R$  propuesta. Realizar la rotación a velocidad diferente a la informada en el Manual de Vuelo, puede afectar tanto la distancia de despegue como la trayectoria de subida inicial. Si se rota el avión a una velocidad inferior a la correcta, el ángulo de subida inicial será inferior al que debería tenerse, de manera que, el avión irá ascendiendo con dificultad (panceando) por lo tanto la trayectoria de trera no será la prefijada. Si se efectúa la rotación a velocidad superior al valor correcto, dará lugar a que el avión despegue totalmente las ruedas del suelo en un punto de la pista bastante distanciado del previsto y también la trayectoria inicial de despegue irá por debajo de la prevista con riesgos innecesarios en caso de obstáculos delante de la cabecera de salida. Téngase en cuenta que a una velocidad de 150 KT el avión recorre no menos de 75 metros por segundo. La actitud del avión también es muy importante. Una rotación muy rápida que coloque la aeronave en una actitud exagerada de nariz arriba, tendrá consecuencias adversas para la actuación de despegue ya que analógicamente al caso de rotación prematura aumentará la resistencia aerodinámica (mayor ángulo de ataque) y será difícil que el avión despegue las ruedas del suelo en el punto y velocidad adecuados. La rotación muy rápida también podría dar lugar a que funcione el "avisador de pérdida".

La  $V_R$  junto con la  $V_1$  y la  $V_2$  forman parte de las velocidades críticas calculadas por el Despachante de Aeronaves en el despacho técnico poco antes de la salida del vuelo. Estas velocidades ya no se anotan en el Plan de Vuelo Operacional sino que constan en la tarjeta con datos básicos para el despegue destinada a la tripulación de vuelo.

## VELOCIDAD SEGURA DE VUELO - $V_2$

Es la velocidad que un reactor tiene que alcanzar a los 35 FT de altura sobre la pista al finalizar la parte terrestre de la trayectoria de despegue. Para los aviones propulsados con hélices, es la velocidad a la que el Piloto lleva hacia atrás la palanca de comando para irse al aire, de forma tal que, debe obtenerse corriendo sobre la pista. En este caso recibe el nombre de velocidad mínima de seguridad al despegue

El valor de la  $V_2$  es siempre un 20% mayor que la velocidad de pérdida correspondiente a configuración de despegue, por cuyo motivo se la considera como una velocidad segura para volar el avión.

$$V_2 = 1,20 \cdot V_{SI} \quad \text{de donde,}$$

$V_{SI}$  = velocidad de pérdida a la configuración que se especifique.

La  $V_2$  tiene una relación directa con la  $V_R$  puesto que esta se calcula para que la  $V_2$  sea alcanzada a los 35 FT. A un incremento de  $V_R$  corresponderá un aumento de  $V_2$ . En algunos aviones basta con sumar un número fijo de nudos a la  $V_R$  para obtener la  $V_2$ . La  $V_2$  tiene que ser mayor 1,10 veces la  $V_{MCA}$ , con lo que también queda asegurada la existencia de control aerodinámico en el aire cuando la aeronave alcanza la  $V_2$ . No obstante, en los reactores la  $V_2$  es inferior al valor de la velocidad que proporciona el máximo ángulo de subida. Para los aviones turbohélices con más de dos motores, la condición  $V_2 = 1,20 V_{SI}$  se transforma en  $V_2 = 1,15 V_{SI}$ .

$V_2$  es la velocidad con la que debe efectuarse la subida inicial en caso de un motor inoperativo. Cuando se opera con todos los motores, se sube a  $V_2$  más una cantidad adicional de nudos según empuje disponible para cada tipo de avión y motores instalados.

## VELOCIDAD MINIMA DE NEUMATICOS

Los neumáticos están fabricados de modo que puedan soportar como máximo cierta velocidad. En aquellos casos que la  $V_R$  escogida de acuerdo con los criterios enunciados anteriormente, fuera muy alta, puede sobrepasarse la velocidad máxima de neumáticos, lo que no es permitido. Esto dará lugar a una limitación en el peso de despegue.

En el Manual de Vuelo existe un gráfico para averiguar cual es el peso de despegue para no exceder el límite impuesto por la velocidad máxima de neumáticos. El gráfico se utiliza entrando con la altitud de presión y temperatura ambiente, se corrige por pendiente de pista

y viento para obtener directamente el Peso de Despegue permitido. Existe gomas para velocidades elevadas, pero aún así, siempre conviene ave- riguar posible limitación por neumáticos, cuando la aeronave despega de un aeropuerto de altura.

Para los reactores, intervienen dos velocidades más que las mencio- nadas anteriormente, con las cuales es posible definir Carrera de Des- pegue ( $TOR = Take off run$ ) y velocidad a la cual el avión debe levan- tar el tren principal del suelo. Esas velocidades son:  $V_{MUY}$  y  $V_{LOF}$  cu- yas explicaciones se proporcionan inmediatamente después de conocer anticipadamente ZONA LIBRE DE OBSTACULOS (requerida en la definición de Carrera de Despegue) y ZONA DE PARADA (ya mencionada al definir Dis- tancia de Despegue).

#### ZONA LIBRE DE OBSTACULOS (CWY = Clearway)

Es el área ubicada en la prolongación de la pista de no menos de 500 FT de ancho distribuidos simétricamente, a ambos lados de la pro- longación imaginaria del eje X de la pista (250 FT a cada lado) de la cual no debe sobresalir ningún obstáculo por encima de un plano incli- nado que comenzando en el borde de la pista, se extiende hacia arriba a razón de 1,25m en la vertical por cada 100m en la longitudinal (in- clinación de 1,25%). Sólo pueden exceder ese límite las luces frangibles del umbral cuando están localizadas sobre el fin de la pista a los costa- dos de la misma. De cualquier forma sus alturas no deben ser superio- res a los 65cm (26"). La zona libre de obstáculos comienza siempre al final de la pista, tanto si hay zona de parada como si no la hay. Su extensión total no debe exceder del 50 al 75% de la longitud de la pis- ta a la que sirve. Su utilización sólo es posible si se encuentra ba-jo control de las Autoridades del Aeropuerto. Una zona libre de obstá- culos adecuada permite incrementar el Peso de Despegue para una pista dada o requiere menos longitud de pista pavimentada para una condición de peso del avión y/o condiciones de elevación y altura del aeródro- mo pues en aquellos casos que se dispone de zona libre de obstáculos, pueden alcanzarse los 35 FT de altura sobre el clearway en lugar que sobre la pista (permite aumentar la distancia del despegue. Ver defi- nición de Carrera de Despegue a fojas 124). No existiendo zona de para- da, la  $V_1$  debe ser tal que permita al avión detenerse dentro de la TODA cuando falla un motor en la frustrada aceleración para el despegue.

#### ZONA DE PARADA (SWY = Stopway)

La zona de parada o zona de frenado es un área en la prolongación de la pista que tiene por lo menos el ancho de la misma y está cons- truida de tal forma que, su superficie lisa y dura, puede soportar el peso del avión sin causarle ningún daño estructural. No se ha proyec-

ado ni construido para su utilización integral (despegues, aterrizajes o movimientos de aviones en tierra) sino solamente para el caso de un despegue abortado. La zona de parada está entonces como superficie adicional a fin que el avión la utilice en deceleración y frenado. Para su autorización tiene que estar autorizada por la administración aeronáutica. En caso de existir una zona de frenado en un aeródromo, la  $V_1$  puede ser aumentada hasta cubrir los requerimientos de la distancia de aceleración-parada igual a la longitud de la pista es la longitud de la zona de parada.

Aunque ambas áreas representan un beneficio parcial para la performance de despegue porque permiten aumentar la TODA y la ASDA, su empleo por separado anula la posibilidad de operar con criterio de esta balanceada. Esto podría ser posible cuando actúan simultáneamente, es decir, que se utilice CWY y SWY al mismo tiempo.

#### VELOCIDAD MINIMA PARA SACAR EL AVION DEL SUELO CON SUSTENTACION INCIDENTE - $V_{MU}$ = Velocidad mínima unstick (despegado)

En el estudio de la performance de despegue resulta interesante conocer aquella velocidad mínima a la que el avión es capaz de despegar las ruedas del tren principal de la pista y comenzara a trepar manteniendo un ángulo de subida positivo, sin que se deriven consecuencias peligrosas en la prosecución del vuelo. Por supuesto que la  $V_{MU}$  tiene que ser algo mayor que la velocidad de pérdida para poder sacar el avión del suelo, pero suficiente, como para tomar una línea ascendental. Es una velocidad de estudio y comparación ya que en los despegues normales no corresponde (por razones de seguridad) mandar al piloto al avión con esa precaria fuerza sustentadora que tiene tan poco margen respecto a la velocidad de pérdida. No es una velocidad de interés operativo. Para el Piloto carece de importancia ya que en esas condiciones, cuenta con la  $V_R$ , que es la velocidad que garantiza a la aeronave pueda ser despegada puesto que ya tiene  $V_{MCA}$  y puede alcanzar la  $V_2$  a los 35 FT de altura. La  $V_{MU}$  se utiliza para calcular y adoptar tolerancias de seguridad en el momento que el avión tiene que levantar el tren principal del suelo después de la  $V_R$ . Se debe determinar su valor, con todos los motores operativos y con fája de motor en  $V_1$ .

#### VELOCIDAD SEGURA PARA SACAR EL TRENO PRINCIPAL DEL SUELO - $V_{LOF}$ = velocidad lift-off (levante)

Es una velocidad a la cual la aeronave debe despegar el tren principal del suelo. No se calcula con datos propios sino en base a la  $V_1$ . La  $V_{LOF}$  no debe ser menor a  $V_{MU} \cdot 1,10$  con todos los motores operativos o  $1,05 \cdot V_{MU}$  con un motor inoperativo. Asimismo, resulta fun-

damental para definir CARRERA de DESPEGUE como se verá inmediatamente.

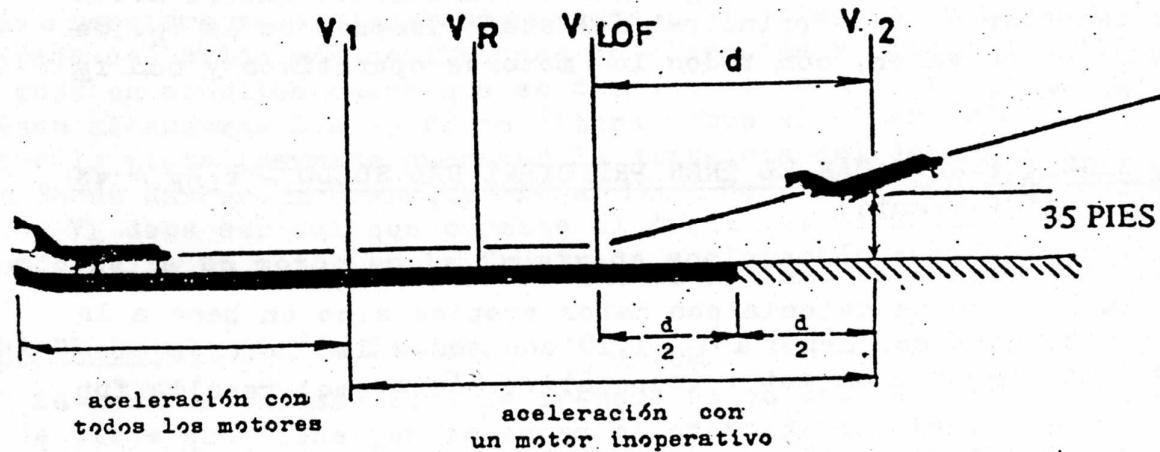
### CARRERA DE DESPEGUE (TOR = Take off Run)

Es la mayor de las siguientes dos distancias:

- Con un motor que ha fallado en  $V_1$ : la distancia horizontal que existe entre la suelta de frenos y un punto equidistante entre aquél en el que se alcanza la  $V_{LOF}$  y el punto en el que el avión tiene 35 FT de altura;
- Con todos los motores operativos: es 1,15 veces la distancia horizontal que existe, desde la suelta de frenos hasta un punto equidistante entre aquél en el cual se alcanza la  $V_{LOF}$  y el punto en el que el avión tiene 35 FT de altura.

Cuando se usa Zona Libre de Obstáculos podría pensarse que a partir de la  $V_{LOF}$ , no es necesaria la existencia de pista debajo del avión por cuanto es reemplazada por una adecuada zona para volar, limpia de obstáculos. Sin embargo, para cubrir posibles errores en cuanto a distancia recorrida hasta alcanzar la  $V_{LOF}$ , se exige que haya pista hasta el punto medio entre la  $V_{LOF}$  y los 35 FT, y el resto hasta 35 FT, se acepta que sea la zona libre de obstáculos.

Obsérvese que cuando no existe Zona Libre de Obstáculos se habla de Distancia de Despegue, en cambio, cuando se utiliza Zona Libre de Obstáculos se habla de Carrera de Despegue. La intención es diferenciar el piso que recorre el avión en la trepada inicial, inmediatamente después de la  $V_{LOF}$ , o sea, pista hasta los 35 FT en la TOD y por mitades, pista y CWY, en la TOR. En la figura 33 se representa la Carrera del Despegue con falla de motor en  $V_1$  y en la figura 34, la Carrera del Despegue con todos los motores operativos. Estas dos distancias se comprende facilmente, no tienen que ser iguales.



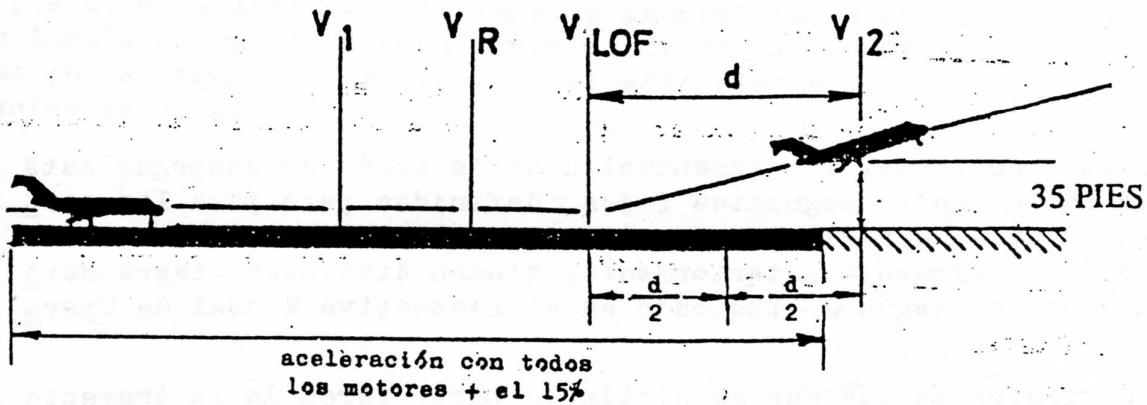


Figura 34 - Carrera de Despegue con todos los motores operativos

La máxima longitud utilizable de la Zona Libre de Obstáculos a estos fines (vuelo del avión desde el fin de la pista hasta los 35 FT) suele ser de unos 200 metros.

—ooOoo—

Cuando un avión despega utilizando el empuje de todos sus motores, la parte aérea de la trayectoria de despegue o senda de despegue, es una franca línea ascendente, de constante aceleración y trepada, hasta llegar a los 1500 FT de altura. El peso de la aeronave está condicionado a la posibilidad de que pudiera detenerse un motor, de manera que, operando con todos los motores, la trayectoria de despegue se cumple con márgenes de rendimiento y seguridad. Pero si durante la trayectoria de despegue falla un motor, ocurre que por pérdida de empuje, los aviones se ven obligados a intercalar en el ascenso un segmento de vuelo horizontal con el propósito de aumentar velocidad y limpiar aerodinámicamente el avión para cumplimentar la última parte de la senda de despegue en las mejores condiciones operativas disponibles después de la parada de motor. Es decir, cuando falla un motor después de  $V_1$  es necesario dividir la senda de despegue en una serie de tramos o segmentos diferentes, determinados por cambios en la configuración o cambios de velocidad o empuje. Bien entendido que los requisitos que se deben satisfacer en cada uno de los segmentos, deben cumplirse en el caso de falla de motor ya que si están todos los motores operativos, las alturas alcanzadas sobre el suelo serán superiores a los problemas de despegue de obstáculos y requisitos de subida no serán tan críticos.