



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

28  
4

**FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DESARROLLO DE  
PLANES MAESTROS DE AEROPUERTOS**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**Ingeniero Civil**

**PRESENTA:**

**MARTIN JORGE AGUILAR UGARTE OROZCO**

*1984*



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.

INDICE	PAGINA
CAPITULO I : ANTECEDENTES .....	1
CAPITULO II : PRONOSTICOS DE DEMANDA .....	4
CAPITULO III : NECESIDAD DE CONSTRUIR UN AEROPUERTO ....	9
3.1 LA SITUACION GEOGRAFICA .....	9
3.2 ESTIMACION DE MOVIMIENTOS .....	10
3.3 AVIACION GENERAL .....	11
3.4 OTROS FACTORES .....	12
CAPITULO IV : REQUERIMIENTOS TECNICOS DE ESPACIOS AEREOS Y TERRESTRES .....	14
4.1 ESPACIOS AEREOS .....	14
4.2 REGLAMENTACION DEL USO .....	14
4.3 RUTAS AEREAS .....	16
4.4 ZONAS DE APROXIMACION .....	17
4.5 APROXIMACION FRUSTRADA .....	20
4.6 DETERMINACION DE LOS ESPACIOS AEREOS ....	21
4.7 ANALISIS DE VIENTOS .....	30
4.8 ESPACIO TERRESTRE NECESARIO. REQUERIMIEN- TOS TECNICOS. ESTUDIO DEL AMBIENTE .....	46
CAPITULO V : PLAN MAESTRO. PLANEACION POR ETAPAS DE - CRECIMIENTO EN BASE AL HORIZONTE FINANCIER O FIJADO POR LA DEMANDA DE SERVICIO A - TRAVES DEL TIEMPO .....	49
a.) ESTUDIO DE LA POSIBLE DEMANDA .....	50
b.) RELACION COSTO - BENEFICIO .....	59
c.) ASPECTO FINANCIERO .....	60
d.) IMPACTO AMBIENTAL .....	60
5.1 FINALIDAD DEL PLAN MAESTRO .....	61
5.2 ELABORACION DEL PLAN MAESTRO .....	61
5.3 INFORMACION ADICIONAL .....	63
5.4 VOLUMENES DE DEMANDA .....	63
5.5 MODELO DE DEMANDA .....	64
5.6 EL AEROPUERTO COMO UN SISTEMA .....	64

5.7	CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES AEROPORTUARIOS .....	67
5.8	PLANEACION DE LAS INSTALACIONES DE UN AEROPUERTO .....	68
5.9	ALGUNAS CARACTERISTICAS DE UN AEROPUERTO ..	73
5.10	PLAN MAESTRO. CONCLUSION .....	75
CAPITULO VI : IMPORTANCIA DE LOS EFECTOS DEL RUIDO PRODUCIDO EN LA AERONAUTICA.		
6.1	INTRODUCCION .....	77
6.2	PRINCIPIOS FISICOS DEL SONIDO .....	78
6.3	RUIDO. DEFINICION. MEDIDA .....	79
6.4	EXPOSICION DEL OIDO HUMANO AL RUIDO .....	80
6.5	EL PROBLEMA DEL RUIDO EN LA AERONAUTICA ...	81
6.6	LAS FUENTES DE RUIDO EN MOVIMIENTO .....	86
6.7	ESTUDIOS RELATIVOS. RESEÑA HISTORICA .....	87
6.8	DESARROLLO DE MODELOS .....	90
6.9	NIVEL DE RUIDO PERCIBIDO .....	91
6.10	METODO NEF. NOISE EXPOSURE FORECAST .....	95
6.11	METODO LDN DAY NIGTH AVERAGE SOUND LEVEL ..	99
6.12	EJEMPLO DE APLICACION DEL METODO LDN .....	105
6.13	METODO LDN. UTILIZANDO CALCULADORA.....	118
CONCLUSIONES .....		124
BIBLIOGRAFIA .....		126

## 1.0 ANTECEDENTES.

Nuestro mundo ha llegado a una época en la cual, los cambios que operan en él, ocurren con gran rapidez. La civilización llega a lugares que hace poco eran inaccesibles y además la tecnología evoluciona constantemente.

Esta transformación, obedece a causas determinantes como son el alto crecimiento demográfico aunado al desarrollo industrial; lo cual provoca que la población se traslade de las áreas rurales a las urbanas. Ello junto con una mayor eficiencia en la producción de alimentos, de constantes adelantos en las comunicaciones y de que el uso cada vez más rutinario de las computadoras reduce horas de trabajo, al mismo tiempo que se ha logrado un mejor uso del tiempo libre. Conlleva todo lo anterior el requerimiento de una mayor capacidad, eficacia y rapidez en los medios de transporte y comunicación.

El desarrollo en sí, por su propia importancia obliga a la planeación del mismo, para poder optimizar el uso de las áreas tanto urbanas como rurales dentro de la búsqueda de un poder vivir más confortable, productiva, durable y económicamente; además de lograr el uso más racional de la tierra bajo fines tan diferentes como son los productivos de los recreativos.

Para conseguir tan deseable optimización, el terreno debe seccionarse, se deben diferenciar áreas para la industria, los servicios, el comercio, la habitación y las zonas recreativas, así como proyectarse simultáneamente eficientes vías de comunicación. Todo debe hacerse mediante un Plan, el cual debe adaptarse a las necesidades del país en general y de la

zona en particular.

Una consideración fundamental es que cualquier plan, debe comenzar con el reconocimiento de las dimensiones físicas y políticas del área de proyecto, de su población y ecología, así como de su ámbito económico.

Resulta muy importante considerar el efecto que podrá tener en el medio ambiente la obra planeada, así como el pronóstico de la influencia económica, política y social que se espera. Además se realiza el estudio del costo relativo de cada aspecto, lo cual es fundamental para estudiar con detalle las alternativas de solución.

Ahora bien, el trabajo no queda terminado aún después -- que el área sea planificada para su uso práctico, durable, económico y placentero. Se debe considerar además la operación y el mantenimiento del lugar, apoyándose siempre en los estudios de costos y financiamiento.

Todo lo anteriormente señalado, se realiza dentro de la planeación técnica denominada Plan Maestro.

El Plan Maestro señala por medio de descripciones, cálculos y disposiciones tanto escritas como en planos, el uso que se hará de una cierta área. Es la base sobre la cual, las oficinas gubernamentales pueden iniciar los controles necesarios y la acción para su puesta en marcha, además de la vigilancia de su aplicación y observancia.

El plan debe prepararse con tal cuidado que mantenga --- siempre flexibilidad, previendo en todo momento su adaptación a los cambios tecnológicos, sociológicos y económicos que ocurren durante su ejecución.

La información necesaria para la preparación de un Plan Maestro debe incluir datos económicos, sociales, legales y físicos; así como precisar las características propias del área comprendida y su interrelación y congruencia con la política planeada al respecto dentro del ámbito nacional e inclusive internacional.

Los aspectos económicos tienen tal importancia que puede decirse, son de los objetivos principales en la elaboración del Plan Maestro; igualmente los datos de población y la estimación del desarrollo, industrial, comercial y turístico es importante conocerlo.

Paralelamente a lo anterior es necesario determinar el grado de contaminación que puede resultar, así como estimar las condiciones del medio ambiente dentro y fuera de la zona en lo que respecta a su capacidad para absorber elementos contaminantes; asimismo debe encontrarse solución a problemas básicos como son el suministro de agua potable y el desecho de aguas residuales.

Otro punto de suma importancia es el financiamiento de la obra. La ejecución de un plan de esta naturaleza involucra la erogación de grandes cantidades de dinero, el que proviene básicamente de fuentes gubernamentales. En una correcta administración, en todos los casos, los gastos e ingresos deben ser estimados y debe planearse el financiamiento del plan a corto y a largo plazo. Además el método de financiamiento debe precisarse previamente para evaluar el costo de ejecución del Plan ante diferentes alternativas, en la búsqueda de lo más conveniente a corto y a largo plazo.

Un detalle observado en la realización de grandes proyectos de desarrollo es que la reputación del profesionalista, firma constructora o institución responsable de la elaboración de un Plan Maestro es una de las consideraciones más importantes para obtener la aprobación del financiamiento y por tanto la realización misma de la obra.

En el caso de Plan Maestro de Aeropuertos, en nuestro país, los proyectos se elaboran, apoyados en un criterio de flexibilidad, para poder adaptarlo a los cambios que ocurren en la tecnología, así como a los requerimientos futuros por demanda de servicio. Cumpliéndose por tanto con los lineamientos de la planeación moderna de Aeropuertos.

## 2.0 PRONOSTICOS DE DEMANDA.

Previo a cualquier estudio relativo a la elaboración de un Plan Maestro de Aeropuertos es necesario realizar el cálculo de los pronósticos de la posible demanda de transporte aéreo, y para llegar a precisar cuáles son las necesidades en materia de comunicación aérea para una comunidad, ya sea que disponga de aeropuerto o no, es necesario realizar un estudio que permita valorar el potencial de tránsito aéreo, así como la longitud media de los vuelos que se llegaran a realizar.

Los estudios previos de necesidades, son muy importantes pues se presentan muy diferentes situaciones, en las zonas turísticas que en las industriales o las agropecuarias. En Monterrey por ejemplo, es muy utilizado el avión por el público en general; en cambio en Acapulco, el avión sólo es utilizado por el turista, y en Los Mochis y Hermosillo que son regiones



de fuerte economía, sin embargo, no utilizan tanto el transporte aéreo.

Por lo anterior, se hace necesario diferenciar las actividades económicas que requieren del uso del avión.

- a) Turística.
- b) De negocios; que puede ser industriales o agropecuarios.
- c) De integración socioeconómica; que es una labor social realizada en varios países como Brasil, Canadá y Australia.

Esta diferenciación se destaca por las cifras del desarrollo observando por ejemplo:

En México se ha observado que las zonas turísticas muestran 15 % de incremento de la demanda de servicio aéreo en época de crisis; y en época de bonanza, el incremento alcanza el 25 %. Se hace destacar el hecho de que en 5 años se ha duplicado la demanda durante el apogeo turístico.

En las zonas industriales, el desarrollo observado es de 8 a 10 % anual y en las regiones agropecuarias, el incremento de demanda de servicio es del 3 al 4 % anual.

Para llegar al pleno conocimiento de la región, debe realizarse un estudio que comprenda los siguientes puntos.

- 1.- Determinar la capacidad económica de la zona.
- 2.- Calcular la población del área de influencia alrededor.
- 3.- Valorar la competencia con otros medios de transporte.
- 4.- Estudiar los movimientos de la población, conocer "do

dónde vienen y a dónde van".

Es decir, se debe realizar un estudio de mercados, y si el caso lo amerita, continuar con:

- 5.- Fijar el carácter del aeropuerto y los tipos de aeroplanos a utilizar.
- 6.- Determinar las dimensiones de las instalaciones en tierra necesarias.

Tal estudio, debe realizarse considerándolo dentro del marco de desarrollo aéreo nacional y debe prever la evolución del incremento de tránsito aéreo de la zona.

Puede establecerse además alguna similitud de esta re-gión con otra y poder realizar algún pronóstico en base a la experiencia obtenida allá. Desde luego debe tomarse con reser-vatal inferencia; que sin embargo es necesaria para poder tener una base de cálculo.

Todo ello se hace porque no debemos olvidar que una obra aeroportuaria significa una gran inversión pública, por lo --cual debe justificarse plenamente su ejecución y precisamente la justificación se apoya directamente en el pronóstico de la posible demanda.

La obra aeroportuaria en cuestión puede ser:

- A) La construcción de un aeropuerto nuevo.
  - B) Ampliación de uno ya existente.
  - C) Construcción de nuevo (s) aeropuerto (s) que funcione (n) junto con el actual.
- A) Los motivos para construir un aeropuerto donde no lo --hay, pueden ser los siguientes:

- a.- Comunicar una comunidad incipiente; en este caso no hay plena seguridad de que se justifique la obra, só lo hay indicios, por lo cual debe tomarse la deci--- sión con cautela.
- b.- Ante la creación de un Polo de Desarrollo, donde a-- aprovechando las ventajas del transporte aéreo se fo- menta principalmente el turismo. Ejemplos de ello -- fueron Acapulco hace años y Can Cun más recientemente.

En el caso de aeropuertos para centros turísticos, debe entenderse claramente que su capacidad, está en función direc ta del número de camas disponible. En el caso de Puerto Va--- llarta, pudo observarse que en un principio, cuando la capaci dad hotelera era muy baja, muchos de los turistas que llega-- ban al Puerto, debía regresar el mismo día al no encontrar a- lojamiento disponible. En este tiempo se llegó al extremo de que las líneas aéreas no transportaran turistas que no mostra ran la confirmación de su reservación hotelera.

El conocer detalles de experiencias como las anteriores, permiten además calcular las dimensiones de las instalaciones aeroportuarias por diseñar.

- B) En el caso de la ampliación de un aeropuerto, debe ha--- cerse una evaluación de la demanda presente y un pronós tico de la futura, para saber si se justifica la amplia ción. Si lo amerita deben realizarse los estudios técni cos correspondientes y es aquí donde se planteará la -- cuestión, de que si se puede o no ampliar el aeropuerto. Posibles problemas pueden ser falta de terreno disponi-

ble o el de su ubicación respecto a la población.

- C) El caso de construir por necesidad uno o más aeropuertos que funcionen junto con el existente, es precisamente una solución al problema del Aeropuerto de México, - donde se justifica plenamente esta solución, porque el número de vuelos y de pasajeros atendidos muestran la saturación existente del espacio aéreo y terrestre; y - de que la solución de construir otra pista es posponer la solución definitiva, porque la ubicación del Aeropuerto es prácticamente el Centro de la Ciudad de México.

Todo lo anterior aunado a la incompatibilidad técnica de la Aviación General con la Aviación Nacional y la Internacional, Escuelas de Aviación, Renta de Aviones, etc.. Y por otra parte el grave problema de la contaminación atmosférica del Valle que reduce la visibilidad junto al problema del ruido.

Todo ello obliga a plantear la opción, construir aeropuertos diferentes para la Aviación General, la Nacional, la Aviación Internacional y Escuelas de Aviación, todas funcionando por separado.

### 3.0 NECESIDAD DE CONSTRUIR UN AEROPUERTO.

El objeto primordial de construir un aeropuerto, es el de llegar a integrar un sistema de infraestructura del transporte nacional, que funcione además en conexión al sistema internacional.

A diferencia de lo que ocurre con una carretera, la cual genera tránsito de inmediato al entrar en funcionamiento, incluso antes de la inauguración; un aeropuerto no necesariamente provoca o induce la aparición de tránsito aéreo. Es por ello que se deben analizar previamente las necesidades de transportación a corto y a largo plazo; pudiendo inclusive, llegado el caso, generar necesidades relativas al transporte aéreo.

Ahora bien, sólo mediante una minuciosa investigación y detallado análisis, el cual deben realizar las dependencias oficiales responsables al respecto, como pueden desarrollarse criterios para llegar a determinar el potencial aeronáutico de una comunidad y transformarlo a requisitos aeroportuarios. En otros términos, deberán estimarse las necesidades de comunicación de una comunidad, y su posible integración al sistema nacional e internacional del transporte aéreo.

Por lo tanto, para integrar un sistema con los aeropuertos existentes, junto a los que deban construirse, modificarse o ampliarse, deberá contemplarse en un Plan Nacional.

### 3.1 LA SITUACION GEOGRAFICA.

Un factor importante que interviene para tomar la decisión de construir o no un aeropuerto, es el de la posible cer

canía con centros importantes de población, los que ya cuentan con su propio aeropuerto.

En nuestro país, puede observarse que el radio de influencia del aeropuerto de la ciudad de México incluye a capitales del centro como Puebla, Cuernavaca, Querétaro, Pachuca. Igualmente Chilpancingo queda bajo la influencia de Acapulco, México y Zihuatanejo simultáneamente. Es por ello que en un futuro inmediato, no se contempla la posibilidad de construir aeropuertos importantes, es decir, para vuelos comerciales, nacionales o internacionales en tales ciudades; las aeropistas de que disponen seguirán operando así, hasta que algún factor importante se modifique.

Abundando en lo anterior ha podido observarse mediante estudios realizados que para viajar una distancia superior a 350 Km. el público prefiere la transportación aérea en un 70% y que en distancias menores de 350 Km. el fenómeno se invierte.

Visto desde otro ángulo, se puede decir que el tránsito aéreo intenso está concentrado relativamente en pocas áreas metropolitanas; es decir, en unos pocos aeropuertos se atiende un gran porcentaje del volumen de pasajeros. Esto no es un fenómeno exclusivo de nuestro país, se observa en todo el mundo.

### 3.2. LA ESTIMACION DE MOVIMIENTOS DE VOLUMENES DE CARGA, SERVICIO POSTAL Y PAQUETERIA.

El volumen de la carga aérea mundial se ha incrementado con gran rapidez; por ejemplo en la década de 1960-70, en los

Estados Unidos, el incremento promedio anual fue del 17 % no-  
noriamente mayor que el 11 % de aumento de pasajeros anual en  
el mismo período.

Esto motiva por lo que se vislumbra, realizar un estudio  
por separado de los volúmenes de carga transportada entre di-  
ferentes entidades, independientemente de los movimientos de  
pasajeros.

En lo relativo a Servicio Postal Aéreo y paquetería, al  
momento de estimar sobre la necesidad o no de un aeropuerto,  
pueden observarse detalles como que entre los años de 1960 a  
1970, en México el movimiento de carga de este tipo, aumentó  
de 1600 a 2700 toneladas, la carga de correspondencia trans-  
portada únicamente por compañías nacionales. Por lo cual debe  
estimarse también por separado los posibles volúmenes de ser-  
vicio postal aéreo y paquetería entre diferentes entidades al  
momento de la decisión relativa a la necesidad o no de la ---  
construcción de un aeropuerto.

### 3.3. AVIACION GENERAL O PRIVADA.

Así se denomina a todos aquellos vuelos que no realiza -  
ni la aviación comercial ni la oficial. En México se ha obser-  
vado que de los 1307 aviones privados que había registrados -  
en 1960 se llegó a 2337 en 1970 y a 3550 en 1980; lo cual es  
un incremento significativo que se traduce en notorio aumento  
de vuelos que se efectuaron por parte de la aviación privada  
de México.

La infraestructura turística en este caso tiene una im-  
portancia muy significativa, pues una buena parte del volumen  
de tránsito aéreo particular corresponde a paseantes extranje

ros. Por tanto debemos contar con información relativa a la aviación general de los Estados Unidos y de ella sabemos que de los 77 297 aviones que tenían registrados en 1960 llegaron a 187 000; por lo que los incrementos de vuelos de aviación general internacional dependen muy directamente del desarrollo de la capacidad, calidad y promoción que se realice en el campo del turismo.

### 3.4 OTROS FACTORES.

Para poder llegar a tomar la decisión definitiva de --- construir un aeropuerto o no, debemos estar conscientes de - que intervienen otros muy diversos factores, como son los de índole económico-financiero, la contaminación, la ubicación, etc..

En la ciudad de México por ejemplo, el llegar a decidir sobre la posible construcción de un nuevo aeropuerto se ha ido posponiendo por muchos años, a pesar que técnicamente es la solución correcta. Debido al problema económico-financiero es a lo que no se encuentra solución, aparentemente.

Cabe aquí la pregunta siguiente, ¿será mayor el costo - de construcción de un nuevo aeropuerto a los precios actuales que el costo por mantenerlo durante un número indeterminado de años funcionando al grado de saturación que presenta a pesar de haber trasladado de aquí las escuelas de aviación; y que esto aunado al problema de la falta de visibilidad por la contaminación atmosférica, que ha provocado protestas por parte de las Asociaciones Internacionales de Pilotos, quienes incluso han solicitado a México resuelva tal situación.

El problema del aeropuerto de México, se agudiza por el



hecho de estar ubicado a sólo 4.8 Km. del centro de la ciudad y de que el volumen de tránsito aéreo será cada vez más difícil de controlar en un plazo relativamente corto.

Para comprender lo anterior, basta saber que del aeropuerto de la ciudad de México, se realizaron en 1980, 149,650 vuelos con un movimiento total de 11 millones de pasajeros, esto comparado con el caso de Londres, que contando con 2 aeropuertos, en el mismo año movilizaron 30 millones de pasajeros en 336 000 movimientos, muestra que México tiene un volumen muy alto de movimientos de vuelo y número de pasajeros.

Por lo anotado, podemos llegar a la conclusión de que en un futuro indeterminado actualmente, deberá construirse al menos otro aeropuerto para la ciudad de México.

Pero la pregunta que se antoja formular es:

¿ Cuánto se habrán elevado los costos de financiamiento y construcción para cuando se decida la construcción de otro aeropuerto? .

#### 4.0 REQUERIMIENTOS TECNICOS DE ESPACIOS AEREOS Y TERRESTRES.

##### ANALISIS DE VIENTOS

#### 4.1 ESPACIOS AEREOS

##### DEFINICION Y FINALIDADES:

Se define como espacio aéreo al volúmen de aire localizado alrededor de un aeropuerto. Dicho espacio, debe ser de tal magnitud y forma, que permita realizar las maniobras aéreas fundamentales, como son el despegue y el aterrizaje además de la aproximación frustrada.

El espacio aéreo es un elemento de importancia fundamental para la aviación, a tal grado que de no existir, tampoco puede entenderse la existencia de un aeropuerto. Dicho espacio debe tener dimensiones y forma específicas, las cuales deben ser satisfechas absolutamente, por lo que obliga a restringir acciones alrededor de la zona aeroportuaria; inclusive a remover o al menos señalar todo objeto que pueda constituirse en obstáculo y por tanto peligro para la seguridad y eficiencia en las operaciones aeronáuticas.

El objeto principal de establecer el concepto de espacio aéreo es el de reglamentar su uso y poder así proteger:

- a) La aproximación directa, la cual puede ser en condiciones de vuelo visual (VFR), o en vuelo por instrumentos (IFR)
- b) La aproximación circulando, que se realiza en condiciones de vuelo (IFR)
- c) La aproximación frustrada o aborto de aterrizaje.
- d) El despegue.

#### 4.2 REGLAMENTACION DEL USO DEL ESPACIO AEREO

Para que cumpla eficientemente con su cometido, el transporte aéreo, está sujeto a un estricto control, tanto en su recorrido en ruta, como en despegues y aterrizajes. Por tal motivo, la aviación ha elaborado y mantiene permanente y severo

control para garantizar el correcto uso del espacio aéreo.-- Desafortunadamente a pesar de las continuas mejoras técnicas, el tránsito aéreo continúa siendo una hazaña diaria. En algunas regiones la intensidad de la circulación aérea recuerda los embotellamientos de automóviles que sufren las grandes ciudades; un ejemplo nos lo suministra Alemania Federal, donde se realizan 11,000 vuelos diarios en la actualidad, lo que significa un vuelo cada 8 segundos. En las horas de máxima intensidad, llamadas "Horas-Pico", los aeropuertos deben sobrevolar los aeropuertos en espera de la autorización para aterrizar y en el caso de despegue, hacer cola esperando turno. Todo ello significa aumento de precios y costos por la pérdida de tiempo, tanto para el pasajero, como para las compañías y aeropuertos.

Lo anterior es consecuencia de que el transporte aéreo, presenta problemas adicionales al de otros medios, como el hecho de que las aeronaves no pueden detenerse en ruta, de que transitan por caminos invisibles y a diferentes alturas, direcciones y velocidades, todo lo cual evidentemente complica el funcionamiento del sistema.

Ante un problema de tal magnitud y previendo que el mismo crecería cada vez más, en el año de 1944, 52 naciones firmaron la Convención de Chicago, mediante la cual se estableció la Organización Internacional de la Aviación Civil (O.A.C.I.); cuya finalidad básica es la de formular normas relacionadas con asuntos técnicos de maniobras y operaciones que realiza la aviación; todo ello en búsqueda de la seguridad. Dichas normas establecen además de otros muchos aspectos de importancia, los límites en los espacios aéreos, los cuales tienen el objeto de proteger a las aeronaves de posibles obstáculos en su trayectoria, incluyendo otras aeronaves.

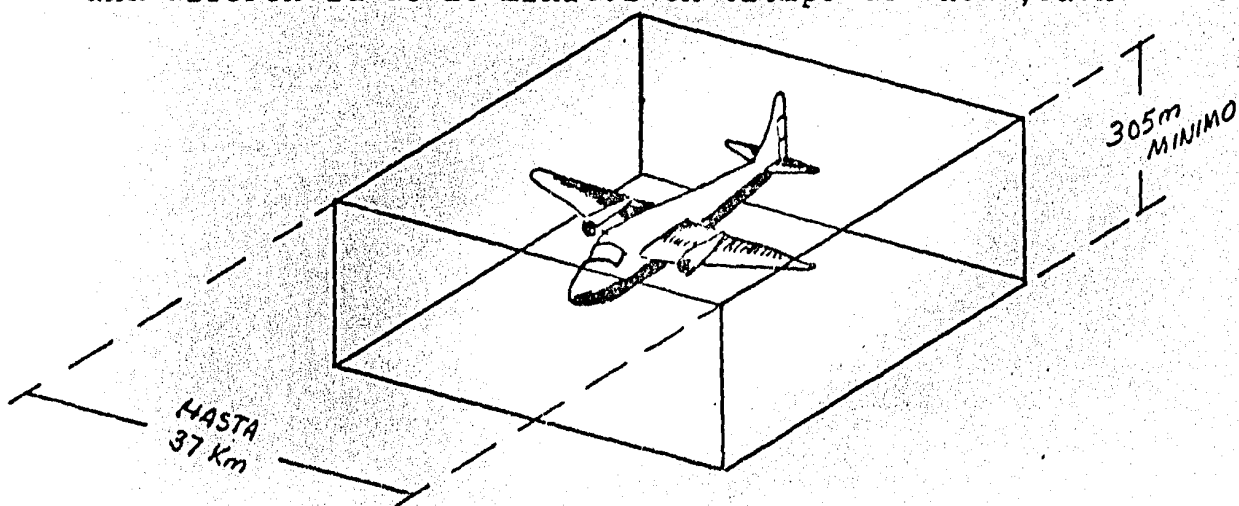
#### 4.3 RUTAS AEREAS.

La aviación moderna ha organizado los vuelos, a manera de realizarlos dentro de pasillos aéreos, cuyas dimensiones son variables, dependiendo de la capacidad de los centros de control y de las facilidades de navegación. En ocasiones alcanzan los 37 km de anchura y en tres capas principales de altitud cada pasillo; la capa superior comprende alturas entre los 13,716 y los 22,860 metros que es el límite del espacio aéreo utilizable, por ésta capa superior transitan aviones comerciales de largo alcance de vuelo en altura y por aviones supersónicos.

Las rutas de altura intermedia, son utilizadas por aviones subsónicos; y el nivel inferior ubicado por debajo de los 6,100 metros, es utilizado principalmente por aviones de hélice o de turbohélice.

Dentro de las rutas aéreas, los aviones quedan protegidos por normas de separación como las siguientes:

La distancia mínima en sentido vertical entre dos aviones debe ser de 305 m como mínimo; además debe haber una separación de 18 km hacia ambos lados del avión, aunque como ya se dijo éstas distancias son variables. Debe haber además una diferencia de 10 minutos en tiempo de vuelo, cuando dos



aviones utilicen la misma ruta.

Las rutas aéreas están señaladas por medio de radiofaro omnidireccionales denominados VOR ( Very High Frequency Omni Range ), que hacen la función de balizas de navegación, ubicadas en el terreno cada 180 km aproximadamente. El VOR permite al piloto seguir un eje denominado radial, ubicándolo de acuerdo a su azimut y guiándolo de ésta manera hacia un punto en particular, sin embargo no le indica en ningún momento al piloto, la distancia de éste a la estación VOR.

Un equipo adicional de más reciente uso en la aviación es el denominado DME (Distance Measuring Equipment), que complementa al VOR, pues proporciona al piloto de manera automática y con procedimiento electrónico, la distancia a la que se halla del punto donde está ubicada la estación.

El alcance de las estaciones VOR es variable, debido a la curvatura de la tierra y de que las ondas del VOR se propagan en línea recta; generalmente el alcance es menor a las 200 millas nauticas (370.6 Km).

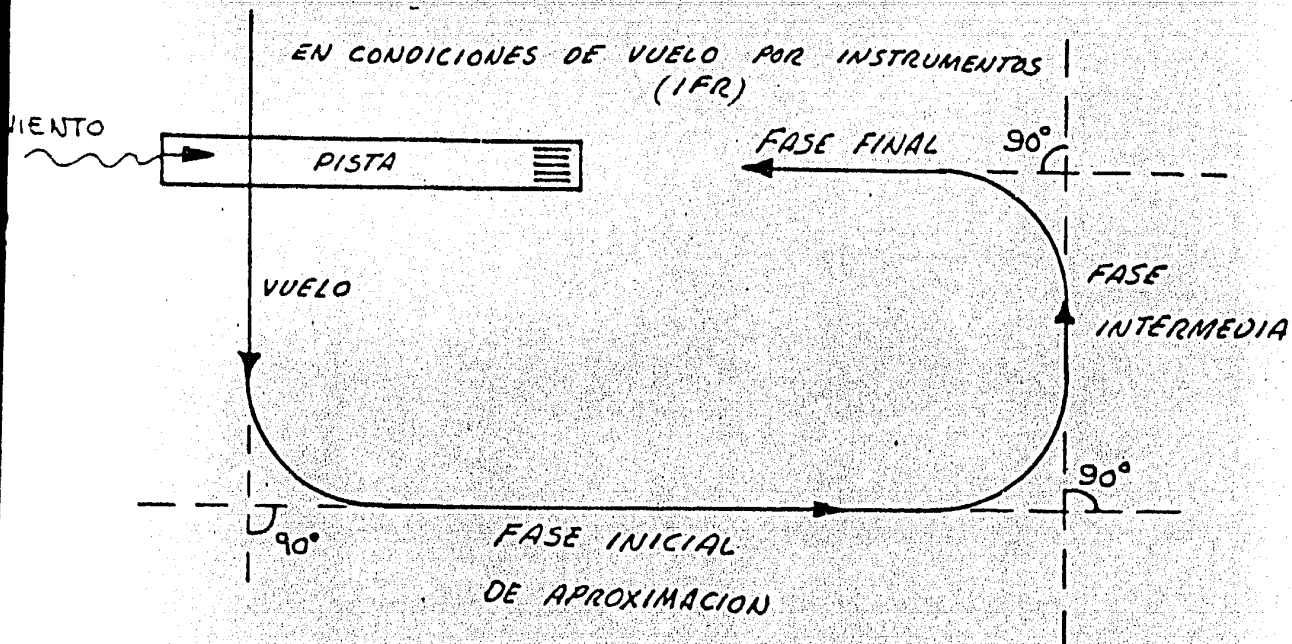
A las aerovías señaladas con estaciones VOR, se les conoce como aerovías VICTOR.

#### 4.4 ZONAS DE APROXIMACION.

La aproximación es una parte del vuelo, determinante en cuanto a la capacidad aeronáutica de un aeropuerto; Esta maniobra que significa la transición del vuelo propiamente dicho hacia el aterrizaje, puede realizarse en forma "directa" o bien "circulando" como se ilustra en las figuras siguientes.

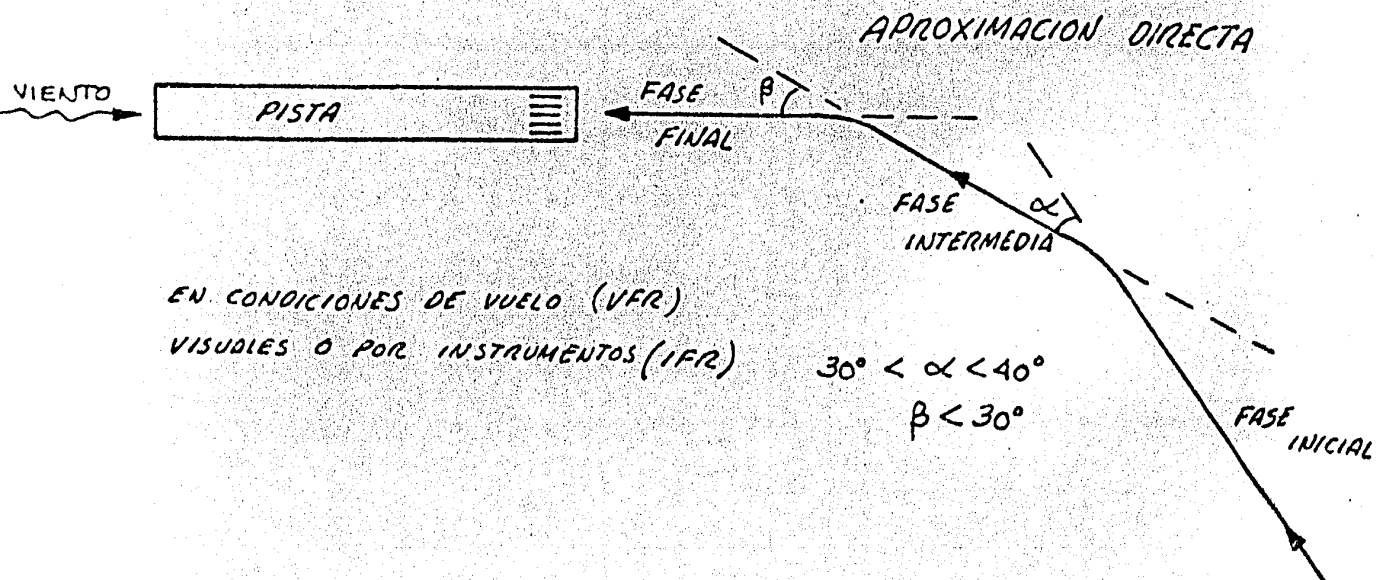
APROXIMACION CIRCULANDO

EN CONDICIONES DE VUELO POR INSTRUMENTOS (IFR)

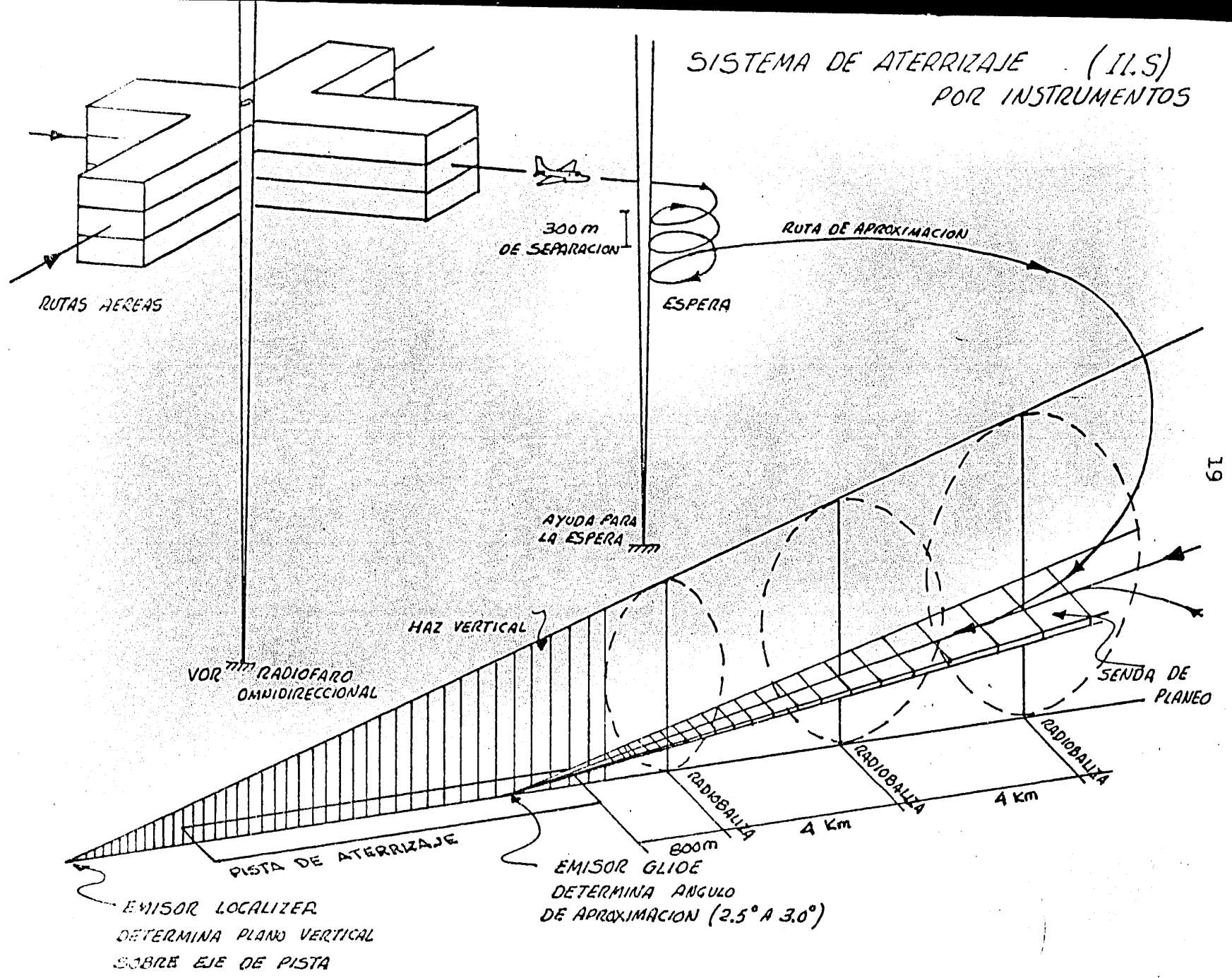


APROXIMACION DIRECTA

EN CONDICIONES DE VUELO (VFR)  
VISUALES O POR INSTRUMENTOS (IFR)



# SISTEMA DE ATERRIZAJE (ILS) POR INSTRUMENTOS



RUTAS AEREAS

300 m  
DE SEPARACION

ESPERA

RUTA DE APROXIMACION

AYUDA PARA  
LA ESPERA

HAZ VERTICAL

VOR RADIOFARO  
OMNIDIRECCIONAL

SEDA DE  
PLANEADO

EMISOR LOCALIZER  
DETERMINA PLANO VERTICAL  
SOBRE EJE DE PISTA

EMISOR GLIDE  
DETERMINA ANGULO  
DE APROXIMACION ( $2.5^\circ$  A  $3.0^\circ$ )

PISTA DE ATERRIZAJE

800m

4 Km

4 Km

RADIOBALIZA

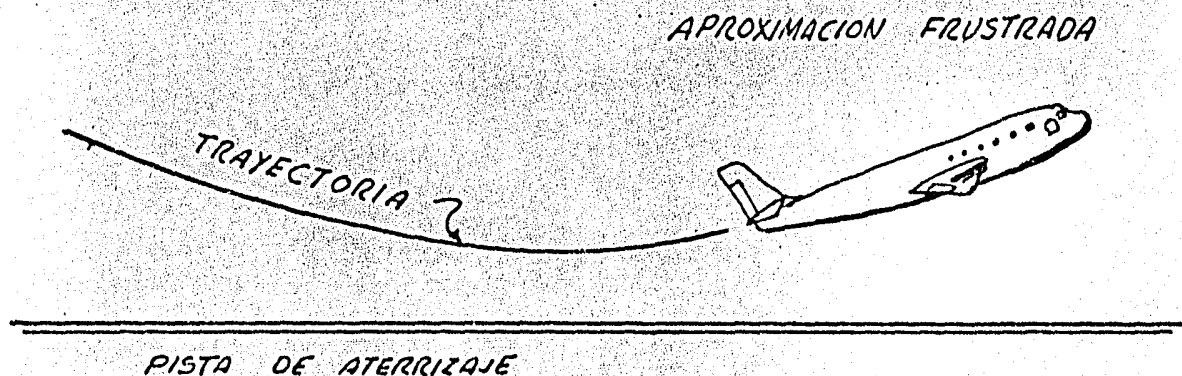
RADIOBALIZA

RADIOBALIZA

69

#### 4.5 APROXIMACION FRUSTRADA

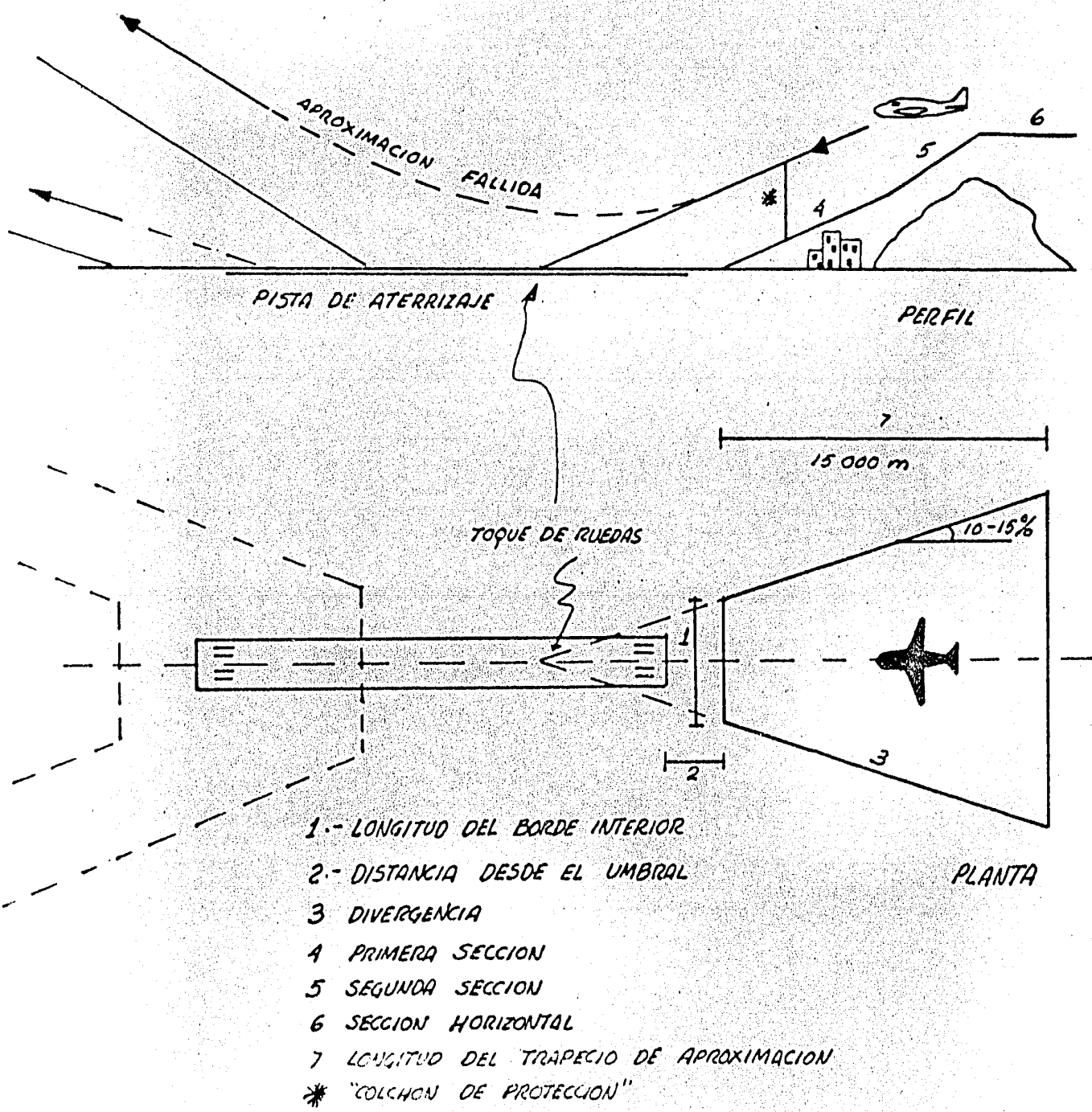
Se conoce también a tal acción como "aborto de aterrizaje" y consiste en la cancelación del aterrizaje, instantes previos al toque de ruedas; Por tal motivo se requiere disponer de espacio aéreo suficiente para que el piloto pueda realizar tal maniobra con seguridad. Asimismo debe existir dentro del sistema de un aeropuerto alternativo capaz de recibir en caso necesario a la nave que "abortó", es decir debe disponer de equipo y características similares a las del aeropuerto original.





4.6 DETERMINACION DE LOS ESPACIOS AEREOS.

El procedimiento indicado para lograr protección hacia las aeronaves en las inmediaciones de los aeropuertos, consiste en trazar figuras espaciales que incluyan las tres maniobras fundamentales.



DETERMINACION DE LOS ESPACIOS AEREOS

DIMENSIONES EN METROS DEL TRAPECIO DE APROXIMACION . CRITERIOS OACI 1980

CONCEPTO	CONDICIONES DE ATERRIZAJE									
	Sin Instrumentos				Con Instrumentos				De Precisión	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1-2	3-4
Longitud Interior	60	80	150	150	150	300	300	150	300	300
Distancia al umbral	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Divergencia	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
1a. Sección longitud miles de m	1.6	2.5	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Pendiente	5%	4%	3.3%	2.5%	3.3%	2%	2.5%	2.0%	2.0%	2.0%
2a. Sección longitud miles de m						3.6	3.6	12.0	3.6	3.6
Pendiente						2.5%	2.5%	3.0%	2.5%	2.5%
3a. Sección horizontal miles de m								8.4	8.4	8.4

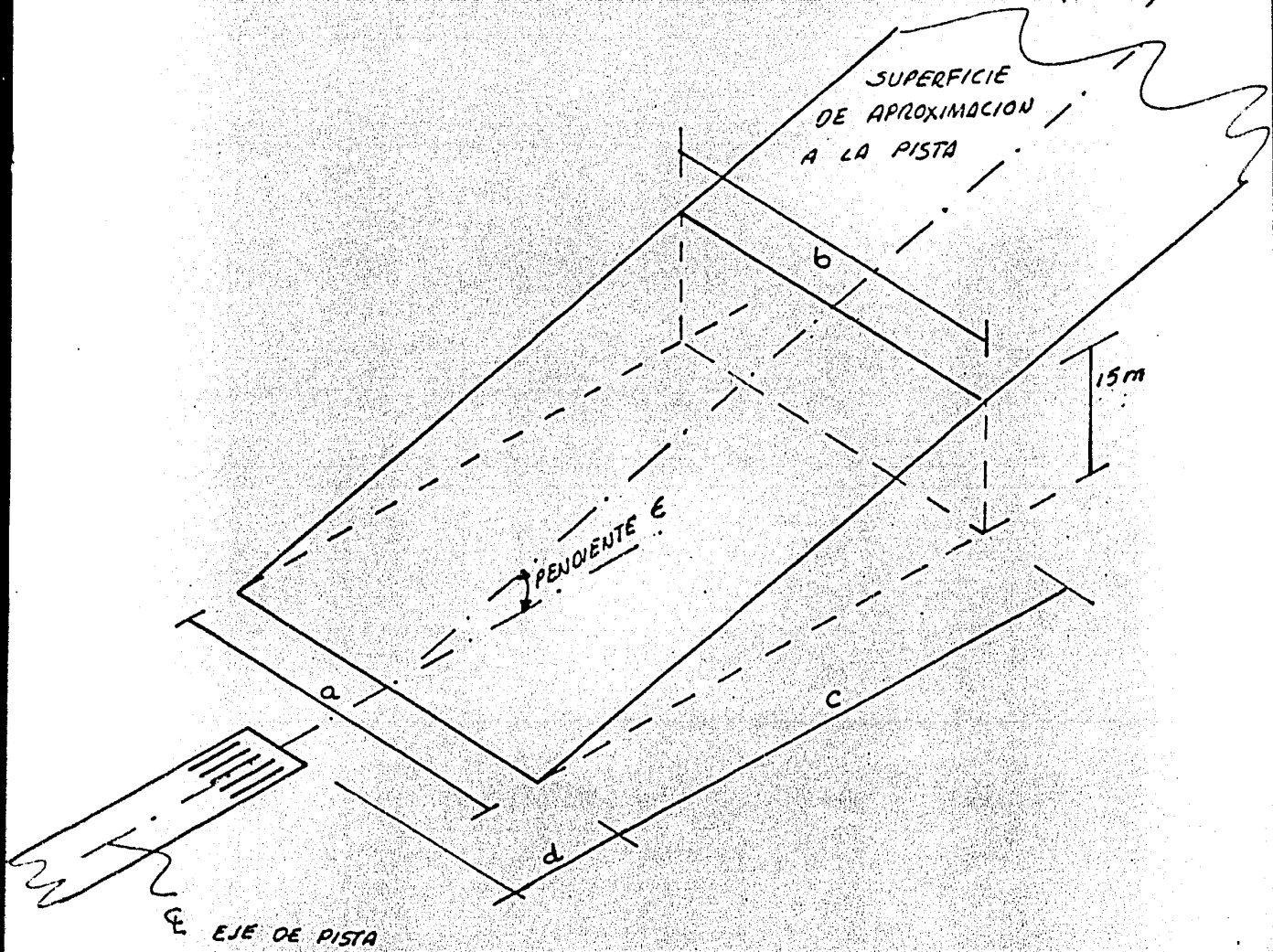
LONGITUD TOTAL DEL TRAPECIO: 15 000 m  
 SUPERFICIE HORIZONTAL INTERNA: ALTURA 45 m  
 SUPERFICIE CONICA: PENDIENTE 5%

DIMENSIONES MAXIMAS DE LAS ZONAS DESPEJADAS DE PISTA (FAA)  
1975

TIPO DE PISTA	a	b	c	d	PENDIENTE	
	cifras en metros					
Pistas visuales uso general	76	137	305	61	20:1	(2.9)°
Mayores que las de uso general	152	213	305	61	20:1	(2.9)°
Pistas Instrumen tales no precisión	152	244	305	61	20:1	(2.9)°
Mayores que las de uso gral. mínimos visibilidad de más de 1200 metros	152	308	518	61	34:1	(1.7)°
Mayores que las de uso gral. - visibilidad mí- nima tan baja - como 1200 m	305	460	518	61	34:1	(1.7)°
Pistas intrumen tales de preci- sión.	305	533	762	61	50:1	(1.1)°

FUENTE: Standard Handbook for Civil Engineers  
Mc Graw Hill Co. USA 1976

CRITERIO DE LA FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA)



Para aeropuertos equipados para procedimientos de operación con ILS, el trapecio de aproximación tiene características propias.

#### ANGULO DE APROXIMACION:

Se denomina así a la proyección del eje de la pista con el eje de la trayectoria del avión.

Para este caso el documento de procedimientos de aproximación por instrumentos, indica que debe haber una distancia de una milla náutica al Marcado Exterior (ME), Outer Marker, por cada 15% de incremento al ángulo de aproximación.

#### PENDIENTES DE DESCENSO

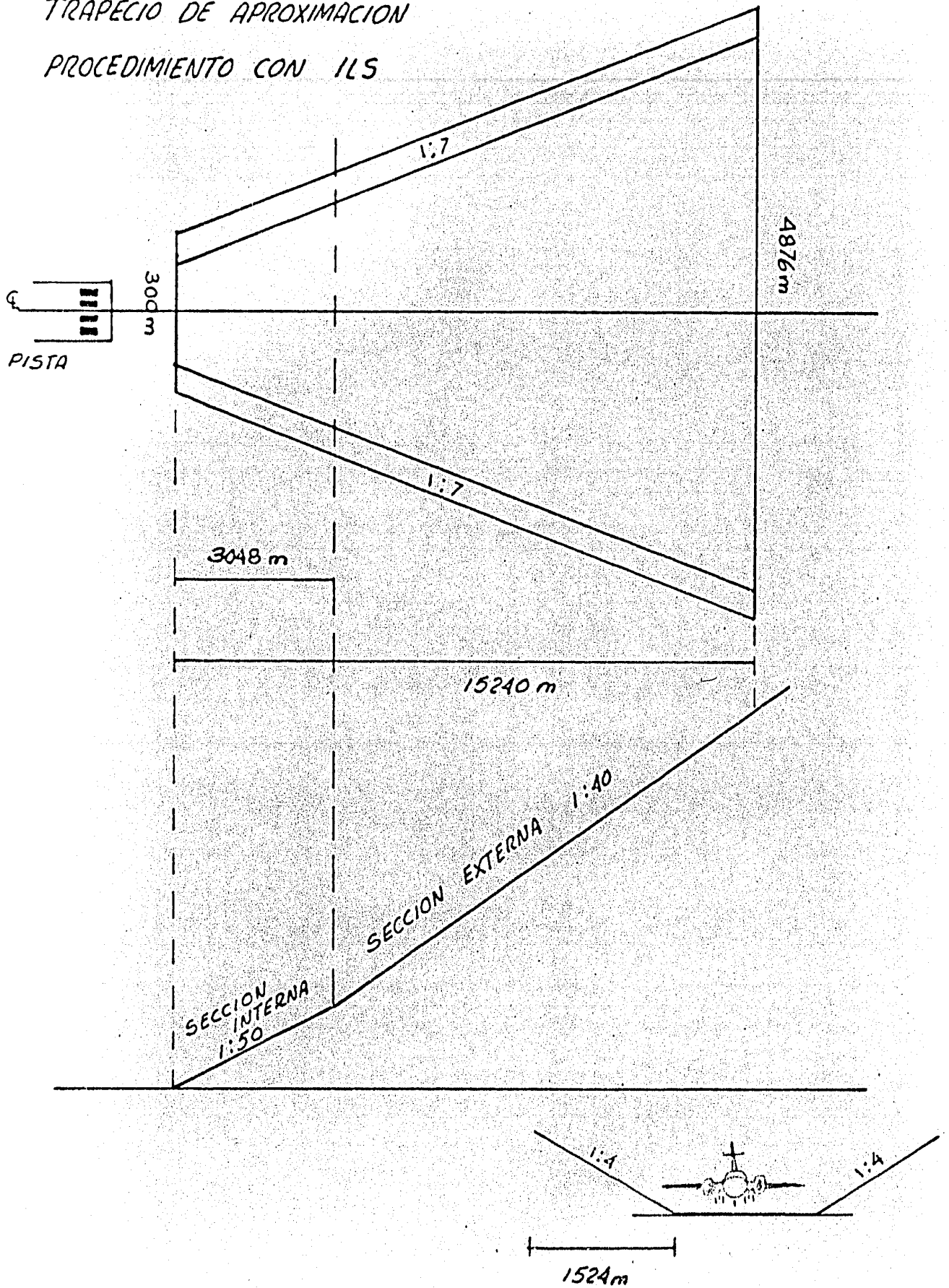
Las pendientes en el perfil están dadas en función del ángulo de descenso. Y para las secciones interna y externa, están indicadas en la siguiente tabla:

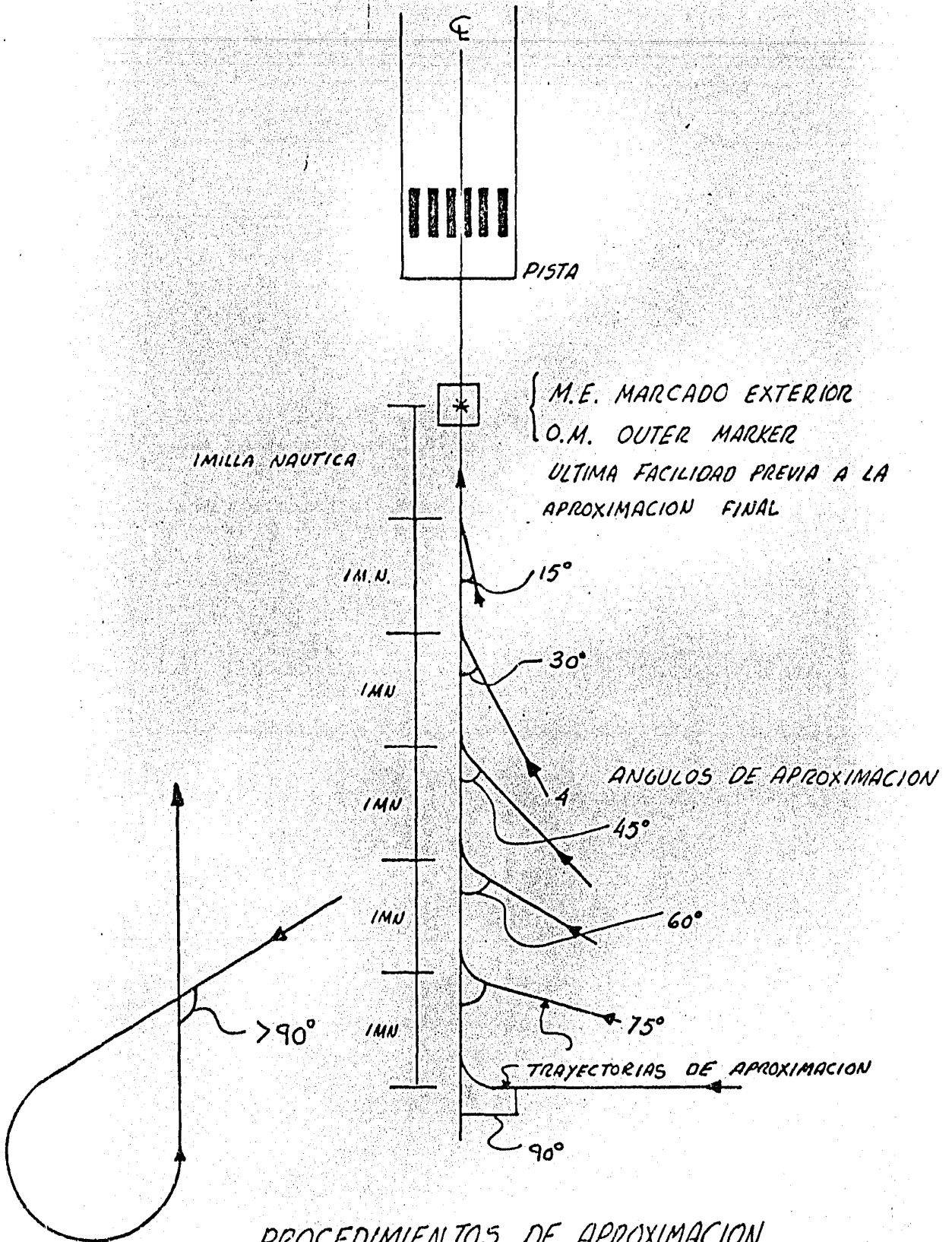
ANGULO DE DESCENSO	SECCION INTERNA	SECCION EXTERNA
2°	1:96.1	1:61.5
2.25°	1:66	1:48.5
2.50°	1:50	1:40
2.75°	1:40.5	1:34
3°	1:34	1:29.5

Dentro del Plan Maestro, el estudio de Espacios Aéreos, se realiza con el objeto de llegar a determinar el sitio que cumple con los requisitos mínimos para realizar las operaciones fundamentales bajo las normas establecidas por la aviación internacional.

Consiste el procedimiento en aplicar en un plano a escala 1:100 000, la "mascarilla" trazada con los trapecios de protección y dimensiones de pista necesaria; buscando acomodo

TRAPECIO DE APROXIMACION  
PROCEDIMIENTO CON ILS





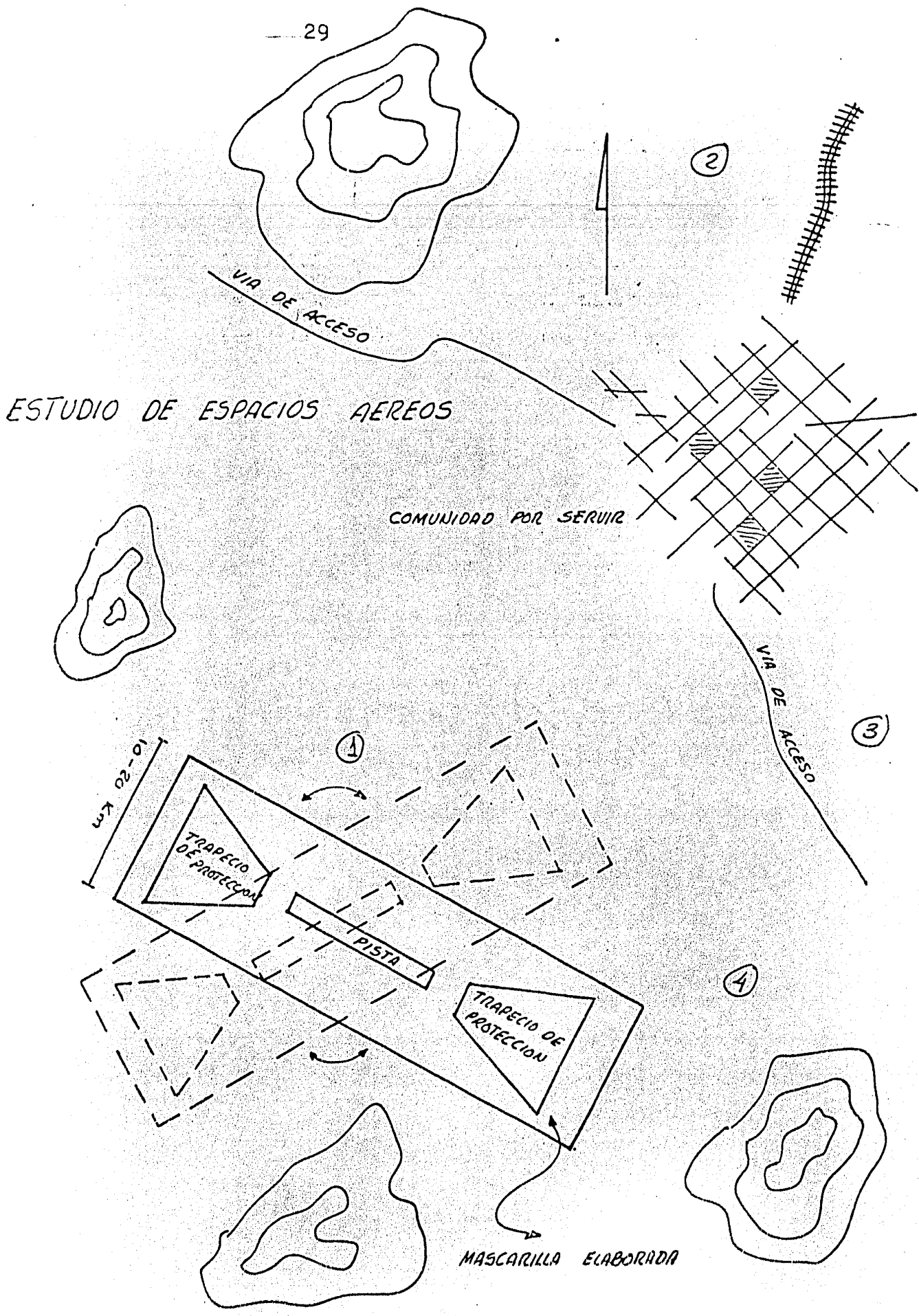
PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACION  
POR INSTRUMENTOS (ILS)

darla en las zonas consideradas inicialmente.

De tal manera que el estudio de Espacios Aéreos, permi  
rá llegar a determinar la orientación correcta de la pista o  
pistas necesarias, junto con otro factor muy importante como  
es el Estudio de Vientos. Asimismo el número de pistas, se de  
termina mediante el juicio del Estudio de Vientos junto con  
el volúmen de demanda previsto.



# ESTUDIO DE ESPACIOS AEREOS



#### 4.7 ANALISIS DE VIENTOS. IMPORTANCIA DEL MISMO. NORMAS. METODOLOGIA.

La realización del análisis de vientos es de fundamental importancia para llegar a determinar bajo un punto de vista técnico el número de pistas necesario, así como la orientación de las mismas en un proyecto aeroportuario. Mediante dicho análisis se determina primeramente la dirección y la intensidad de los vientos dominantes en un determinado lugar; para que a continuación en base a tales parámetros proceder a determinar la óptima dirección para una pista, así como el número de pistas necesario en el aeropuerto proyectado; todo ello por lo que respecta a vientos. Como norma general debe observarse que la pista principal del aeropuerto debe orientarse de acuerdo con la dirección de los vientos dominantes.

Para estudiar los efectos del viento, debemos descomponer a éste, en dos direcciones ortogonales; al realizarlo se obtiene una componente directa, o sea aquélla que actúa en la dirección del presunto eje de la pista y otra componente normal al mismo eje.

Como la componente directa es favorable a las operaciones, no se estudia más detalle relativo a ella; por el contrario, la componente normal o de vientos cruzados, es causa de peligro en las operaciones y debe analizarse cuidadosamente.

El valor máximo tolerable de la componente normal del viento para cada modelo de avión lo especifica cada fabricante; este valor permite la justa realización de maniobras

de despegue o aterrizaje dentro de las normas de seguridad. Mientras este componente normal a la dirección de la pista no tenga un valor excesivo, las aeronaves son capaces de maniobrar para aterrizar o despegar con seguridad.

Ahora bien, el valor máximo permisible del viento normal o de costado, depende no solamente del tamaño del avión, sino también del diseño del ala y del estado de la superficie de rodamiento de la pista. Los aviones de transporte -- pueden maniobrar aunque con dificultad hasta con vientos de 54 Km./h.; pero para el trabajo de planeación se utilizan -- valores más bajos.

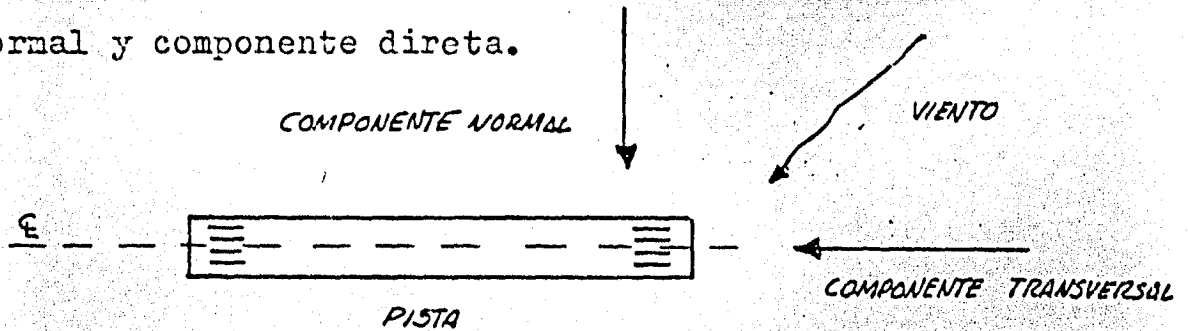
Las normas internacionales fijadas por la F.A.A Federal Air Administration, determinan que las pistas deben tener una orientación tal que al menos el 95 % del tiempo de operación, la velocidad de la componente normal del viento no debe exceder de 24 Km./h. es decir 13 nudos, en el caso de la aviación comercial; y para aviones pequeños se reduce el límite a 18 Km./h. o sean 10 nudos.

Por otra parte la O.A.C.I. en 1975 aceptó como valores tolerables máximos de la fuerza componente normal del viento según las diferentes categorías de aeropuertos los que se indican a continuación.

CATEGORIA DEL AEROPUERTO	VELOCIDAD MAXIMA TOLERABLE DE LA COMPONENTE NORMAL DEL VIENTO.
A	37 Km/h = 20 nudos
B	37 Km/h = 20 nudos
C	24 Km/h = 13 nudos
D	18 Km/h = 10 nudos

E 18 Km/h = 10 nudos

La siguiente figura ilustra el concepto de componente normal y componente directa.



#### Metodología:

El estudio de vientos propiamente dicho se realiza en la forma siguiente:

Inicialmente debe recopilarse la información meteorológica de cada uno de los diferentes sitios considerados inicialmente como potencialmente factibles para la ubicación de un aeropuerto.

Para cada sitio se hará un estudio de vientos por separado desde luego; y la información de cada uno debe presentarse en la forma de un cuadro como el siguiente, que se utiliza a manera de ejemplo del procedimiento.

DISTRIBUCION DE VELOCIDADES DEL VIENTO OBSERVADAS Y PORCENTAJES

CORRESPONDIENTES

VELOCIDAD DEL VIENTO mi/h	O R I E N T A C I O N															
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
0 - 4 (6.44 Km/h)	115	130	27	16	78	510	42	36	6	16	1	180	32	92	62	72
	1.44%	1.62	0.34	0.20	0.97	7.12	0.52	0.45	0.07	0.20	0.01	2.25	0.40	1.15	0.77	0.90
4 - 15 (24.14Km/h)	28	20	28	21	90	665	60	50	9	16	7	190	212	80	55	70
	0.35%	0.25	0.35	0.26	1.13	8.30	0.75	0.62	0.11	0.20	0.09	2.37	2.65	1.00	0.69	0.87
15 - 20 (32.19 km/h)	172	6	40	12	105	725	58	48	12	12	6	172	250	74	32	22
	2.15%	0.07	0.50	0.15	1.31	9.05	0.72	0.60	0.15	0.15	0.07	2.15	3.12	0.92	0.40	0.27
20 - 25 (40.23Km/h)	90	11	31	6	110	540	63	36	23	16	8	192	300	70	30	12
	1.12%	0.14	0.39	0.07	1.37	6.74	0.79	0.45	0.29	0.20	0.10	2.40	3.74	0.87	0.37	0.15
25 - 30 (48.28Km/h)	120	12	10	1	135	312	66	40	6	16	6	52	295	32	16	10
	1.5%	0.15	0.12	0.01	1.69	3.89	0.82	0.50	0.07	0.120	0.07	0.65	3.68	0.40	0.20	0.12
30 (48.28Km/h)	131	2	6	1	55	95	2	6	8	4	3	0	205	0	4	0
	0.64%	0.02	0.07	0.01	0.69	1.29	0.02	0.07	0.10	0.05	0.04	0.0	2.56	0.0	0.05	0.0

NUMERO TOTAL DE OBSERVACIONES 8,011

## DESCRIPCION DEL CUADRO:

La columna matriz indica en sus renglones, diferentes rangos de velocidades del viento. El primer intervalo agrupa velocidades de 0 a 4 m.p.h., equivalente a 6.44 Km./h.

Los encabezados de las columnas indican los puntos cardinales considerados.

En el cuerpo del cuadro se observan 2 renglones con cifras por cada rango de velocidades; el renglón superior corresponde al No. de observaciones de velocidades de viento en cada una de las diferentes direcciones cardinales; en el renglón inferior se indica el porcentaje que significa el No. de casos observados en cada caso respecto al gran total de 8011 observaciones realizadas en este ejemplo.

## CALCULO DE LA ROSA DE VIENTOS.

Toda la información del cuadro anterior se vierte en la Rosa de Vientos, donde además de precisar las direcciones cardinales y rumbos de orientación de 10 en 10 grados a partir del norte; se trazan círculos concéntricos cuyos radios corresponden escalarmente a los rangos de velocidades del viento.

A continuación se procede a la transcripción de las cifras del cuadro en los espacios correspondientes de la Rosa de Vientos.

En tal punto, para proceder a determinar la orientación óptima de una pista por lo que a vientos se refiere, se utiliza una plantilla transparente donde se ubican tres rectas paralelas, de las cuales la central representa el eje de la pista y las líneas extremas deben tener una separa

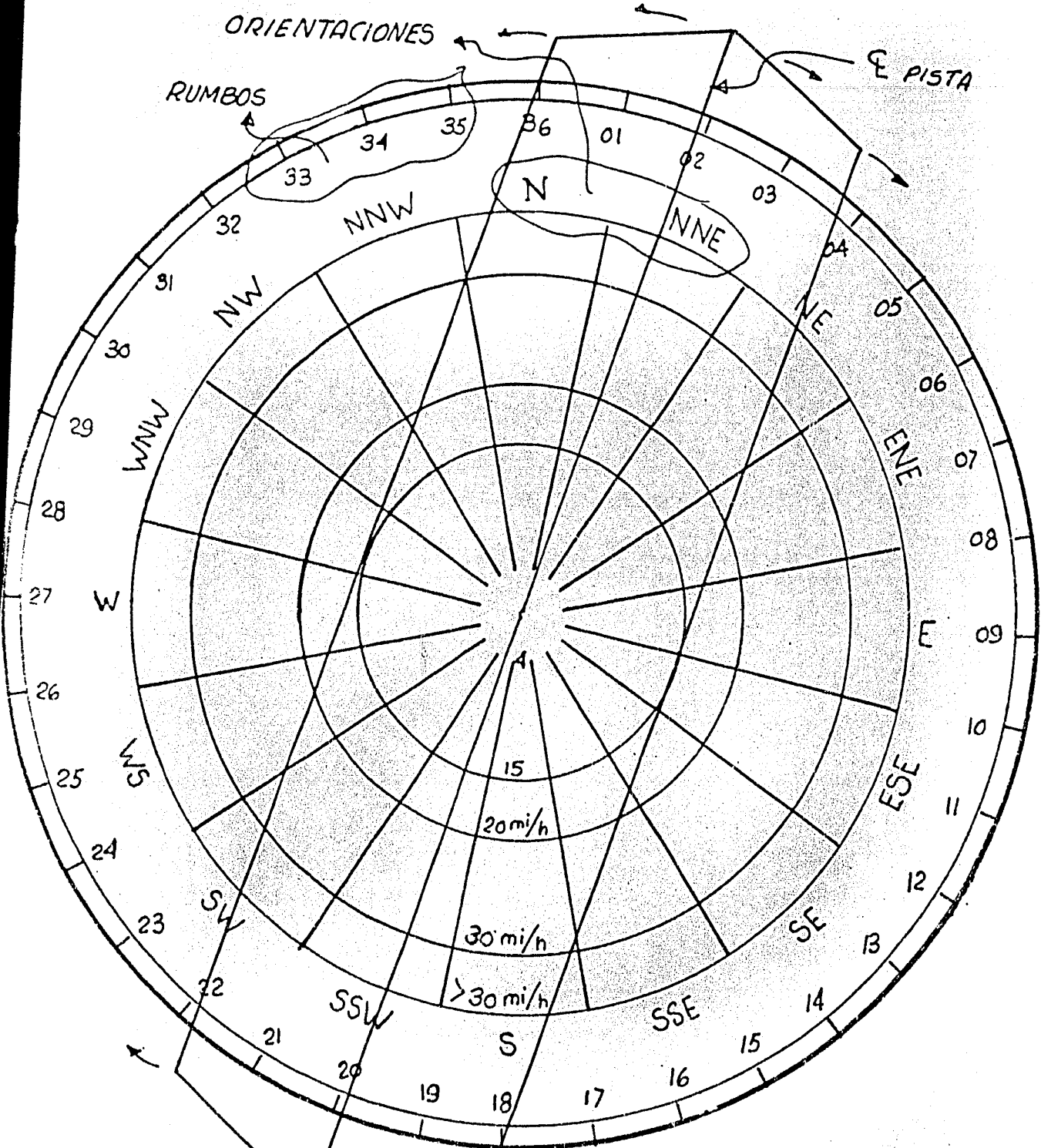
ción tal del eje central que a la escala de velocidades adoptada para trazar la Rosa de Vientos, corresponda a la máxima velocidad permisible para la componente normal del viento.

En el ejemplo 15 m.p.h.

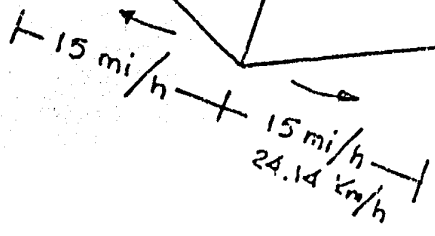
La plantilla debe colocarse sobre la Rosa de manera que coincida el centro de ésta con el eje central de la plantilla y pivoteando alrededor del centro se gira hasta coincidir con uno por uno de los rumbos de orientación. En cada posición se calcula para cada uno los porcentajes de áreas comprendidas dentro de las paralelas. Los rumbos de orientación que deben utilizarse en este cálculo son los correspondientes a números de pistas, cuyas cifras calculadas de 10 en 10 grados a partir del norte y divididas entre 10 determinan tales números de pista orientadas respecto al norte.

Las fracciones de área que se obtengan deben agruparse por rumbos y de acuerdo a velocidades para llegar a calcular las sumas parciales en cada caso. Todo el cálculo anterior se resume en una tabla de concentración final. En base a esta última tabla, se determina la orientación óptima de la pista en cuanto al estudio de vientos se refiere y será aquella orientación cuya suma de áreas parciales agrupadas por velocidades sea mayor o igual a 95. En el caso de que ninguna orientación alcance una suma mayor que 95, se deberán escoger dos orientaciones cuya suma sí sea mayor que 95.

# ROSA DE VIENTOS



- 4 mi/h = 6.44 km/h
- 15 mi/h = 24.14 km/h
- 20 mi/h = 32.19 km/h
- 25 mi/h = 40.23 km/h
- 30 mi/h = 48.28 km/h





VELOCIDAD DEL VIENTO: DE 10 A 4 m. p. h.

rumbo numerado      % DE AREAS COMPRENDIDAS

01-19 .....	18-36
1.44	1.44
1.62	1.62
0.34	0.34
0.20	0.20
0.97	0.97
7.12	7.12
0.52	0.52
0.45	0.45
0.07	0.07
0.20	0.20
0.01	0.01
2.25	2.25
1.15	1.15
0.77	0.77
0.90	0.90
<hr/>	<hr/>
18.41	18.41

VELOCIDAD DEL VIENTO DE 4 A 15 m. p. h.

01-19	18-36
0.35	0.35
0.25	0.25
0.35	0.35
0.26	0.26
1.13	1.13
8.30	8.30
0.75	0.75
0.62	0.62
0.11	0.11
0.20	0.20
0.09	0.09
2.37	2.37
2.65	2.65
1.00	1.00
0.69	0.69
0.87	0.87
<hr/>	<hr/>
19.99	19.99

## VELOCIDAD DEL VIENTO: MAS DE 15 A 20 m. p. h.

## RUMBO NUMERADO % DE AREAS COMPRENDIDAS

01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27	10-28
2.15N	2.15N	2.15N	2.09N	1.72N	1.08N	1.61N	1.94N	2.06N	2.02N
0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06
0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.46	0.33
0.08	0.12	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
0.13	0.26	0.52	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
0.91	0.45	0.54	1.24	3.62	6.79	8.60	9.05	9.05	9.05
0.43	0.25	0.11	0.68	0.60	0.58	0.60	0.58	0.68	0.72
0.60	0.54	0.42	0.24	0.51	0.54	0.58	0.54	0.43	0.39
0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.12	0.13	0.15	0.03
0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
0.08	1.94	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
0.47	2.05	1.87	2.34	2.96	3.12	3.12	3.12	3.12	3.13
0.14	0.87	0.78	0.74	0.41	0.69	0.88	0.92	0.92	0.92
0.28	0.26	0.34	0.38	0.02	0.36	0.38	0.21	0.38	0.40
0.27	0.26	0.19	0.22	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.24
<u>7.21</u>	<u>10.59</u>	<u>10.16</u>	<u>12.08</u>	<u>14.66</u>	<u>17.92</u>	<u>20.30</u>	<u>20.90</u>	<u>21.38</u>	<u>20.86</u>
11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35	18-36		
1.68N	0.76N	1.83N	2.06N	2.15N	2.15N	2.15N	2.15N		
0.06	0.06	0.01	0.04	0.05	0.08	0.07	0.07		
0.23	0.10	0.05	0.05	0.08	0.34	0.35	0.46		
0.14	0.11	0.06	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02		
1.31	1.31	1.27	1.05	0.76	0.26	0.20	0.03		
9.05	9.05	9.05	9.05	9.05	7.06	5.88	5.23		
0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.66		
0.49	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		
0.04	0.03	0.12	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15		
----	0.01	0.02	0.04	0.04	0.11	0.14	0.15		
0.02	0.01	----	----	0.01	0.01	0.05	0.06		
1.94	1.61	0.75	0.28	0.06	0.22	0.22	0.54		
3.12	3.12	3.00	2.03	1.00	0.62	0.19	----		
0.92	0.92	0.92	0.92	0.42	0.57	0.46	0.32		
0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.35		
0.24	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27		
<u>20.36</u>	<u>19.13</u>	<u>19.07</u>	<u>17.68</u>	<u>15.85</u>	<u>13.58</u>	<u>11.88</u>	<u>8.36</u>		

VELOCIDAD DEL VIENTO: MAS DE 20 A 25 m.p.h.

ORIENTACIONES DE PISTA AREAS COMPRENDIDAS

01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27
1.12	1.12	1.06	0.73	0.22	-	-	0.17	-
0.14	0.14	0.14	0.14	0.13	0.10	0.05	0.01	-
0.27	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.27	0.26
-	0.02	0.05	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
-	-	-	0.32	0.82	1.23	1.37	1.37	1.37
-	-	-	-	-	1.01	3.03	5.39	6.74
0.08	-	-	-	-	-	-	0.74	0.52
0.41	0.18	0.07	-	-	-	-	-	-
0.29	0.29	0.26	0.19	0.16	-	-	-	-
0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.14	0.06	0.02	-
0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.04
0.01	0.96	1.92	2.39	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
-	-	-	0.75	1.12	3.40	3.74	3.74	3.74
-	-	-	-	-	0.78	0.44	0.70	0.87
0.01	-	-	-	-	-	-	0.04	0.17
0.02	0.11	0.03	-	-	-	-	-	-
2.60	3.51	4.22	5.28	5.61	9.62	11.65	15.00	16.18

10-28	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35	18-36
-	-	-	0.17	0.50	1.01	1.12	1.12	1.12
-	-	-	-	-	0.02	0.06	0.12	0.14
0.05	-	-	-	-	-	-	0.37	0.14
0.06	0.04	0.01	-	-	-	-	-	-
1.37	1.37	1.26	1.03	0.32	-	-	-	-
6.74	6.74	6.74	6.74	4.38	4.38	1.52	6.54	-
0.54	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.67	0.28
0.03	0.14	0.17	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
-	-	-	0.30	0.17	0.28	0.29	0.29	0.29
-	-	-	-	-	0.04	0.10	0.18	0.20
0.01	-	-	-	-	-	-	0.09	0.05
1.92	1.01	2.20	-	-	-	-	-	-
3.74	3.74	3.37	1.50	0.56	-	-	-	-
0.87	0.87	0.87	0.83	0.57	0.57	0.61	0.02	-
0.30	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.26	0.14
0.15	0.05	0.11	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
15.72	15.12	15.89	12.37	10.88	8.06	5.46	10.26	2.96

## 25 - 30 m.p.h.

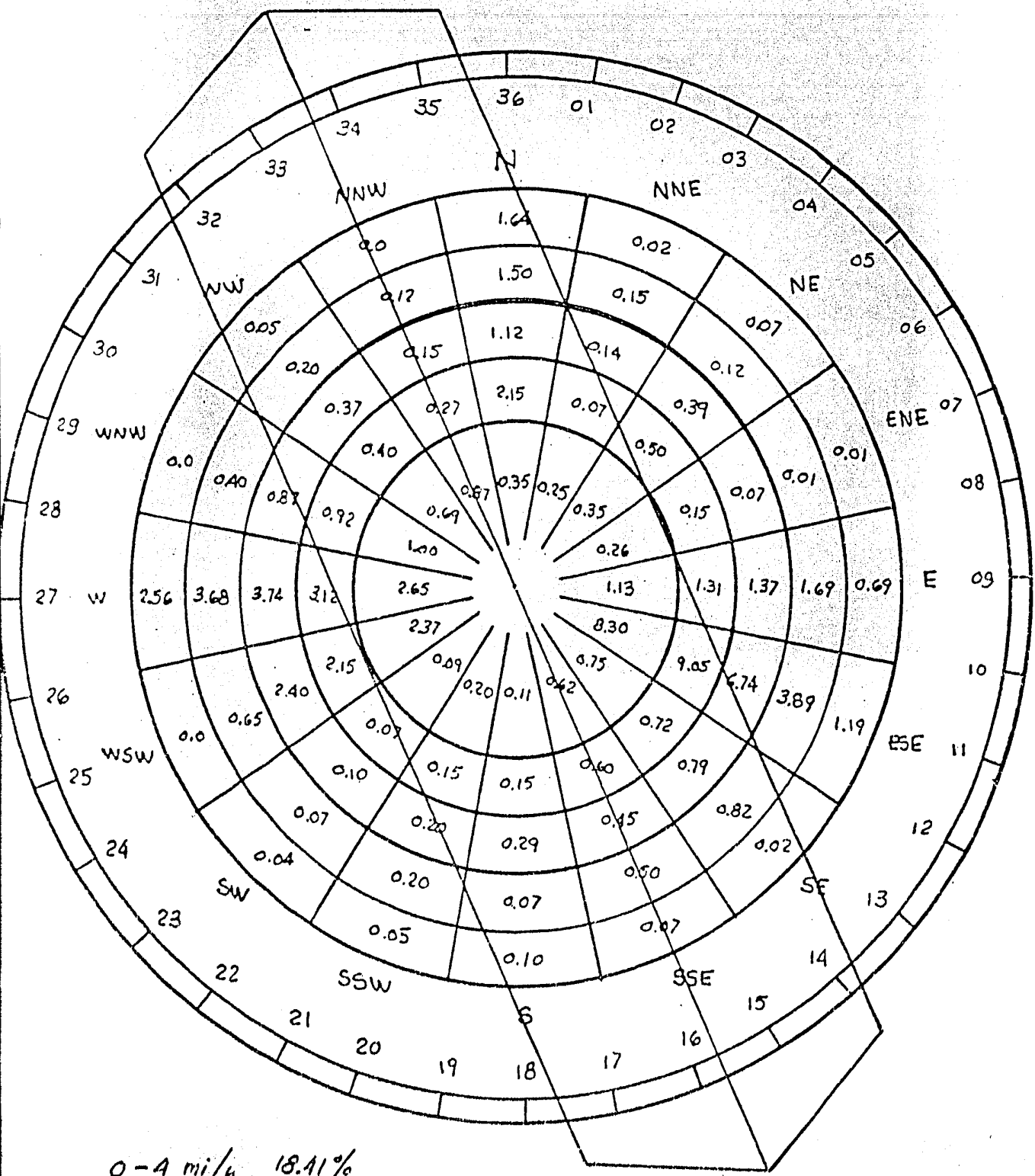
01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27
1.50	1.49	1.02	0.38	-	-	-	-	-
0.15	0.15	0.15	0.15	0.12	0.06	-	-	-
0.06	0.10	0.12	0.12	0.12	0.12	0.10	0.05	-
-	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.12
-	-	-	-	1.35	1.01	1.66	1.69	0.10
-	-	-	-	-	-	0.58	1.79	1.69
-	-	-	-	-	-	-	-	3.70
0.27	0.08	-	-	-	-	-	-	0.78
0.07	0.07	0.04	0.01	-	-	-	-	-
0.20	0.20	0.20	0.20	0.15	0.07	-	-	-
0.03	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.03	-
-	0.01	0.26	0.54	0.65	0.65	0.65	0.65	-
-	-	-	-	0.48	2.39	3.67	3.68	1.96
-	-	-	-	-	-	0.06	0.20	3.68
-	-	-	-	-	-	-	-	0.36
<u>0.07</u>	<u>0.03</u>	-	-	-	-	-	-	-
2.35	2.19	1.86	1.48	2.95	4.38	6.79	6.10	11.99

10-28	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35	18-36
-	-	-	-	0.02	1.05	1.47	1.50	1.50
-	-	-	-	-	-	0.02	0.08	0.14
-	-	-	-	-	-	-	-	0.10
0.10	0.10	-	-	-	-	-	-	-
1.69	1.64	1.85	0.34	-	-	-	-	0.01
3.89	3.89	3.89	3.89	3.11	1.75	-	-	-
0.29	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.70	0.37	-
-	-	0.17	0.38	0.50	0.50	0.50	0.50	-
-	-	-	-	0.02	0.05	0.07	0.07	0.02
-	-	-	-	-	-	0.04	0.11	0.45
-	-	-	-	-	-	-	-	0.07
0.33	0.10	-	-	-	-	-	-	0.18
3.68	3.68	2.39	0.44	-	-	-	-	-
0.40	0.40	0.40	0.40	0.27	0.14	-	-	-
0.08	0.18	0.20	0.20	0.20	0.20	0.16	0.08	-
-	-	0.03	0.09	0.12	0.12	0.12	0.12	0.01
<u>10.37</u>	<u>10.72</u>	<u>9.15</u>	<u>6.56</u>	<u>5.06</u>	<u>4.63</u>	<u>3.08</u>	<u>2.83</u>	<u>2.38</u>

## 30 - 35 m.p.h.

01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27
1.64	1.31	0.74	-	-	-	-	-	-
0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	-	-	-	-
-	0.04	0.06	0.07	0.07	0.07	0.03	0.02	-
-	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
-	-	-	-	-	0.30	0.55	0.69	0.69
-	-	-	-	-	-	-	0.36	1.29
-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.01	-	-	-	-	-	-	-	-
0.10	0.08	0.04	-	-	-	-	-	-
0.05	0.05	0.05	0.04	0.02	-	-	-	-
-	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04	0.02	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	0.64	1.90	2.56	2.56
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>1.82</u>	<u>1.52</u>	<u>0.95</u>	<u>0.18</u>	<u>0.14</u>	<u>1.06</u>	<u>2.51</u>	<u>3.64</u>	<u>4.55</u>
10-28	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35	18-36
-	-	-	-	-	0.54	1.15	1.64	1.64
-	-	-	-	-	-	-	-	0.01
-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.69	0.60	0.25	-	-	-	-	-	-
1.19	1.19	1.19	1.10	0.90	-	-	-	-
-	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	-	-	-
-	-	-	0.04	0.05	0.07	0.07	0.07	0.04
-	-	-	-	-	0.04	0.08	0.10	0.10
-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.04
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.56	2.10	1.4	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	0.02	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
<u>4.44</u>	<u>3.92</u>	<u>2.91</u>	<u>1.21</u>	<u>1.02</u>	<u>0.71</u>	<u>1.34</u>	<u>1.83</u>	<u>1.83</u>

ROSA DE VIENTOS DEL EJEMPLO



0-4 mi/h 18.41%

TABLA RESUMEN

ORIENTACION DE LA PISTA

VELOCIDAD DEL VIENTO mi/h	01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27	10-28
0 - 4 más -incl.	18.41	18.41	18.41	18.41	18.41	18.41	18.41	18.41	18.41	18.41
4 - 15	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99
15 - 20	7.21	10.59	10.16	18.08	14.66	17.92	20.30	20.90	21.38	20.86
20 - 25	2.60	3.51	4.22	5.28	5.61	9.62	11.65	15.00	16.18	15.78
25 - 30	2.35	2.19	1.86	1.48	2.95	4.38	6.79	8.10	10.99	10.37
> 30	1.82	1.52	0.95	0.18	0.14	1.06	2.51	3.64	4.55	4.44
$\Sigma$	52.38	56.21	55.59	63.42	61.75	71.38	79.65	86.04	92.49	89.85

TABLA RESUMEN

ORIENTACION DE PISTA

VELOCIDAD mi/h	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35	18-36
0 -4	18.41	18.41	18.41	18.41	18.41	18.41	18.41	18.41
4 -15	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99	19.99
15 - 20	20.36	19.13	19.07	17.68	15.85	13.58	11.88	8.36
20 - 25	15.12	15.89	12.37	10.88	8.06	5.96	10.26	2.96
25 - 30	10.72	9.15	6.56	5.06	4.63	3.08	2.83	2.38
> 30	3.92	2.91	1.21	1.02	0.71	1.43	1.83	1.83
$\Sigma$	88.52	85.48	77.61	73.04	67.65	61.86	65.20	53.93



#### 4.8 ESPACIO TERRESTRE NECESARIO. IMPACTO AMBIENTAL.

ANTECEDENTES: El Plan Maestro de un aeropuerto, debe contemplar como una parte esencial del mismo, el óptimo uso que -- pueda darse al terreno aeroportuario propiamente dicho, así como el de sus alrededores. Este Plan, no debe realizarse bajo un enfoque aislado; debe estar él mismo contemplado en un Plan de Desarrollo que comprenda una amplia zona, la cual -- puede ser estatal o inclusive nacional. Por lo tanto, debe existir una absoluta congruencia en todo proyecto aeroportuario, con la planeación nacional.

Por otra parte, los efectos que provoquen la construcción del aeropuerto, sobre el valor comercial de los terrenos, pueden traer beneficios a la zona al incrementarse los precios, pero también pueden llegar a extremos que resulten negativos, al provocar especulación, alzas inmoderadas y todas sus consecuencias.

Lo anterior ocurre, aún cuando únicamente se vislumbre la posibilidad de realizar un emplazamiento aeroportuario. Es por ello, que debe procederse con cautela en la planeación. Una medida precautoria debe ser tomar el control del lugar y sus alrededores, con el fin de garantizar la seguridad en las aproximaciones aéreas y la posibilidad de expansión. Una vez satisfechas las necesidades básicas de espacio terrestre al presente y a futuro, dentro del horizonte de planeación, puede procederse al otorgamiento de concesiones y arrendamiento de terrenos y espacios; buscando siempre en todo esto, obtener un máximo beneficio económico.

#### 4.3.1. REQUERIMIENTOS TECNICOS DE ESPACIO TERRESTRE.

Los usos que se den al terreno. pueden estar relacionados directamente o no con la operación de aeronaves; los primeros incluyen pistas, rodajes, plataformas, edificios, terminales, servicios de mantenimiento, zonas de combustibles, vialidades, accesos, estacionamientos, etc.; los segundos incluyen espacios para actividad comercial, recreo y distracción etc.. En tales acciones no debe olvidarse al otorgar permisos y concesiones, incluir en los contratos, algunas cláusulas que eviten cualquier interferencia o trastorno a la actividad básica del aeropuerto; de lo contrario, pueden originar aumentos en los costos y provocar en consecuencia erogaciones adicionales debido a las modificaciones que sea necesario hacer al proyecto inicial.

En el aspecto técnico relativo a necesidades de espacio terrestre suficiente para operar de acuerdo a las normas internacionales de la aviación, puede decirse que el área total necesaria, es función directa de la longitud de la orientación de las pistas necesarias, así como por las dimensiones del área terminal planeada; todo ello al límite del horizonte de utilidad previsto. Lo anterior incluye las necesidades técnicas de espacio, para la operación del aeropuerto como son los rodajes, salidas, plataformas, accesos, áreas de servicio, etc..

Por cuanto a dimensiones, en términos generales, un aeropuerto pequeño puede construirse en 40 Has., pero un aeropuerto internacional, quizá requiera una superficie de varios miles de Has.. Un ejemplo extremo es el del Aeropuerto

de Dallas-Ft. Worth, el cual tiene reservada una superficie de 72 Km<sup>2</sup>, para su terminación prevista al año 2001 y podrá ser el mayor del mundo. Otro caso es el del Aeropuerto Internacional de la Cd. de México, el cual fue concebido inicialmente en el año 1945, pero no fue de ninguna manera de Plan Maestro alguno, pues técnicamente no existe tal concepto. -- Sin embargo se tuvo la acertada visión de asignarle un gran espacio, previendo su posible crecimiento. Nuestro aeropuerto ocupa una extensión de 18 Km<sup>2</sup>.

Para concluir, puede decirse que el concepto básico que se mantiene en nuestros días al planear un aeropuerto, es el establecer un número máximo de pasajeros que se atenderá en un año; a tal cifra se llegará en un tiempo lo suficientemente lejano para evitar inversiones cuantiosas en poco tiempo y logrando un mejor funcionamiento de todo el sistema aeroportuario. Desafortunadamente el punto de saturación se alcanzará en una fecha muy difícil de pronosticar, pues concurren factores y circunstancias de orden socioeconómico y político del ámbito nacional e incluso internacional. De cualquier manera el número de pasajeros para el cual se proyecte el aeropuerto determinará por consecuencia las dimensiones de los elementos aeroportuarios, de ahí las dimensiones del aeropuerto al límite de expansión que fije el Plan Maestro.

#### 4.8.2. ESTUDIO DEL AMBIENTE.

La operación de un aeropuerto, está sujeta a leyes y reglamentos federales, los cuales entre otros aspectos controlan lo relativo al aspecto ambiental, ecológico y sociológico.

co; por tanto desde el inicio de la planeación de la obra, - deben analizarse con esmero los factores ambientales.

Por todo lo anterior, delimitar las áreas de influencia del ruido que se produzca es tarea que debe emprenderse de - inmediato. El ruido se producirá, pero deben tomarse medidas tendientes a disminuirlo en sí o al menos contrarrestar sus efectos nocivos. Por tanto planificar adecuadamente las zo-- nas adyacentes al aeropuerto, ayudará en buena medida; ello junto con las mejoras que se produzcan en los nuevos motores y las modificaciones que se hagan a las trayectorias de des- pegue y aterrizaje, logrará reducir el impacto que produce -- el ruido aeronáutico en la población. En el capítulo 6 se es- tudia con más amplitud lo relativo al ruido.

Otro aspecto negativo que produce la aviación es el de la contaminación atmosférica. Sin embargo, aún cuando mucho se le ha acusado de tal situación, lo cierto es que algunos estudios realizados al respecto, muestran que la aviación co mercial que utiliza avión de turbina, es responsable única-- mente del 1 % de la contaminación atmosférica producida en - las grandes ciudades.

De cualquier forma, debe mantenerse de manera permanen- te la búsqueda de mejoras en los motores, pues logrando el - óptimo funcionamiento de ellos bajará su efecto contaminante.

5.0 PLAN MAESTRO. PLANEACION POR ETAPAS DE CRECIMIENTO EN -  
 BASE AL HORIZONTE FINANCIERO FIJADO POR LA DEMANDA DE -  
 SERVICIO A TRAVES DEL TIEMPO.

PLAN MAESTRO: Se define así a la planeación de una obra aeroportuaria, nueva o de ampliación, la cual mediante etapas constructivas, se realizará con proyección hacia el futuro, teniendo como apoyos para su realización la tecnología actual, la experiencia acumulada al respecto en obras semejantes y los cálculos de predicción a corto y largo plazo; todo ello de acuerdo a la demanda real de servicio que ocurra a través del tiempo.

El enfoque anterior si bien es correcto, puede mejorar se cuando en lugar de pensar en plazos de construcción que razonablemente van de 10 a 20 años y aún más, se piensa en horizontes financieros por etapas de desarrollo; es decir se planea una obra dinámica, para dar servicio a cifras prestables de usuarios.

En otros términos siendo el Plan Maestro una guía concebida para que evolucione según la demanda de servicio lo vaya exigiendo, sus etapas deben irse cumpliendo en los momentos oportunos y no llegar al punto de saturación del aeropuerto, sino hasta que se llegue al punto límite, objetivo del Plan precisamente.

La guía debe establecerse para desarrollar las instalaciones y servicios del aeropuerto, de acuerdo a etapas y horizontes de saturación. Es necesario además para conocer de antemano y según evolucione la obra, determinar los efectos ambientales que provoque la construcción del aeropuerto; además debe encauzar el Plan, el desarrollo del área circunvecina, así como precisar los accesos; y algo muy importante como es determinar si la obra propuesta es factible de realizar, des-

de los puntos de vista económico financieros.

El Plan Maestro está constituido por los siguientes puntos:

- a) Estudio de la posible demanda.
- b) Estudio de la relación Costo-Beneficio.
- c) Posibilidad de financiamiento.
- d) Impacto ambiental.

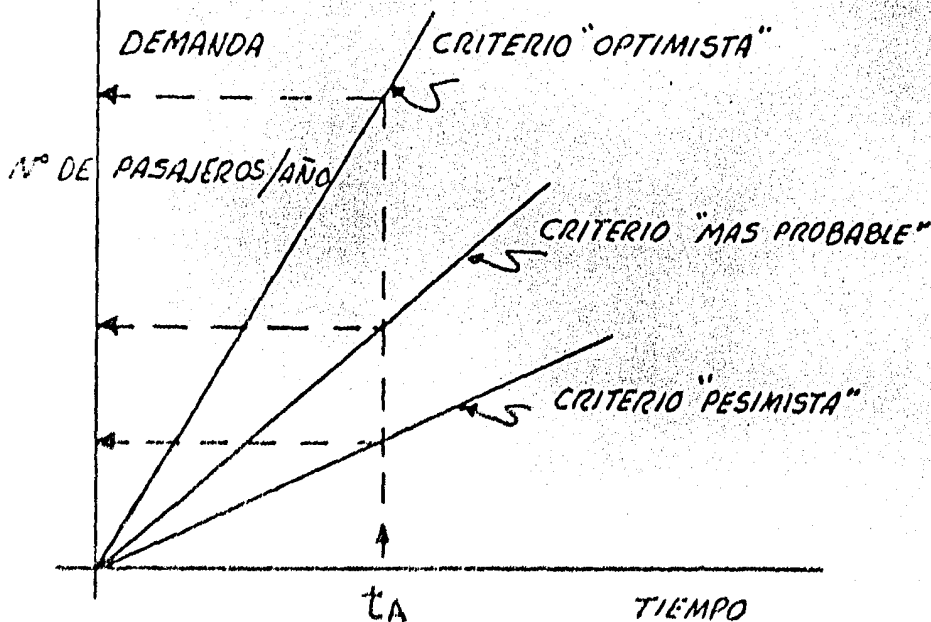
a) ESTUDIO DE LA POSIBLE DEMANDA.

Ante todo debe quedar muy claro, que no se debe confiar ciegamente en los pronósticos de demanda, el cálculo puede ser errado, tanto por exceso como por defecto.

Otro punto que debe recordarse es que la tecnología -- evoluciona, por tanto la situación cambia.

El pronóstico relativo a la curva de demanda es de lo más difícil, por lo que se intenta utilizando tres rectas de tendencia; una de pendiente mayor como de "pronóstico optimista", otra recta de pendiente moderada denominada "pronóstico más probable" y la tercera con pendiente menor o de "pronóstico pesimista".

Para trazar las rectas, se ha supuesto que al tiempo  $t_A$ , fijado de antemano, se dará servicio al No. de pasajeros que-

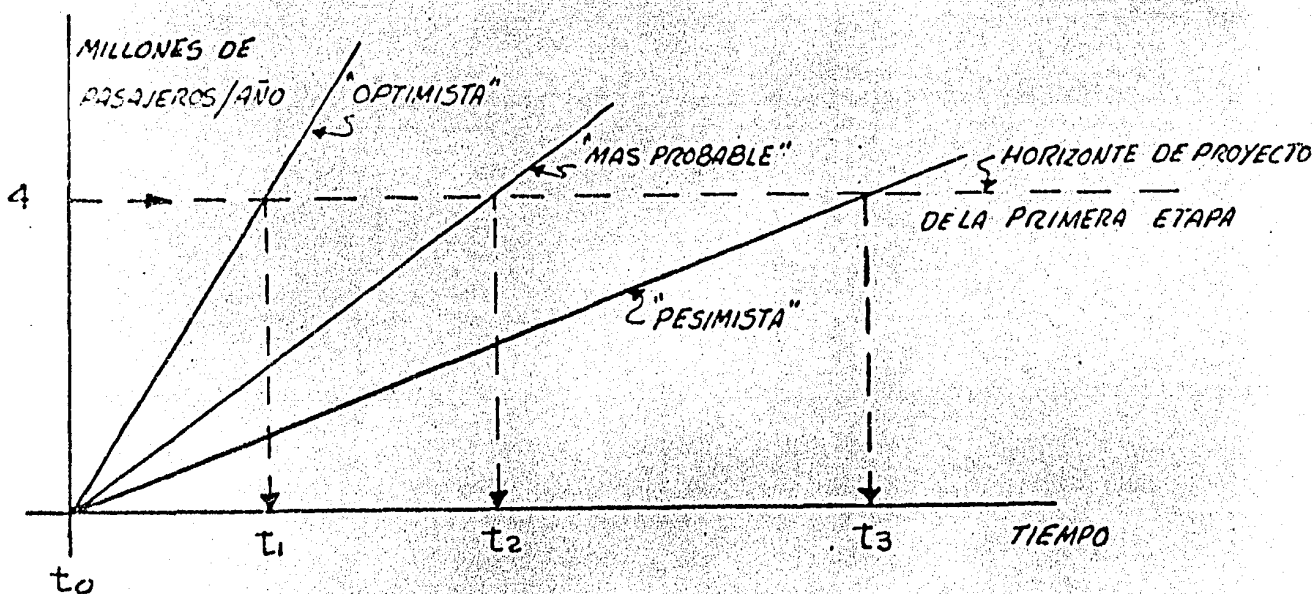


determina cada criterio.

Observar que fijando de antemano el tiempo, se atiende a cifras diferentes de pasajeros/año. Y que fijando el No. de pasajeros/año, se puede llegar a él en diferentes tiempos.

En éste enfoque, no se debe olvidar el pensar en función de la demanda y que el tiempo en que se cumpla precisamente alguna es consecuencia de la propia demanda.

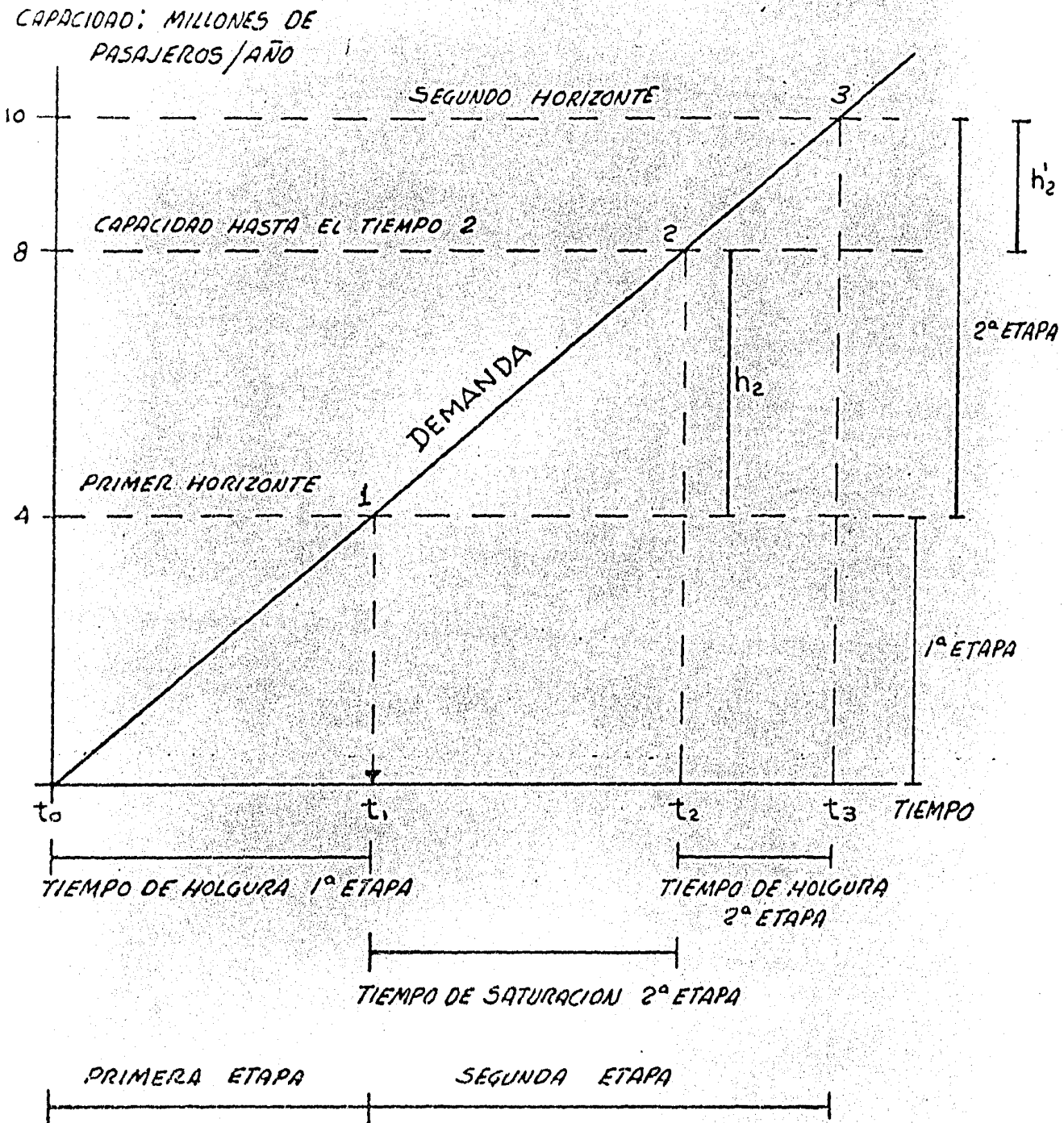
Sea el caso de un aeropuerto proyectado para que en una primera etapa pueda atender 4 millones de pasajeros al año.



El volúmen de demanda optimista, alcanza el horizonte de proyecto en un tiempo  $t_1$ ; el volúmen de demanda llega al mismo nivel en un tiempo  $t_2$ , tal que  $t_1 < t_2$ ; y el cálculo pesimista llega al nivel 4 millones hasta el tiempo  $t_3$ . La relación de los tres tiempos es  $t_1 < t_2 < t_3$ .

El tiempo  $t_0$  corresponde precisamente al tiempo en que entra en servicio el aeropuerto.

Ahora una posible evolución de la demanda a través del tiempo y del consecuente desarrollo del Plan Maestro al cabo de dos etapas puede ser el siguiente:



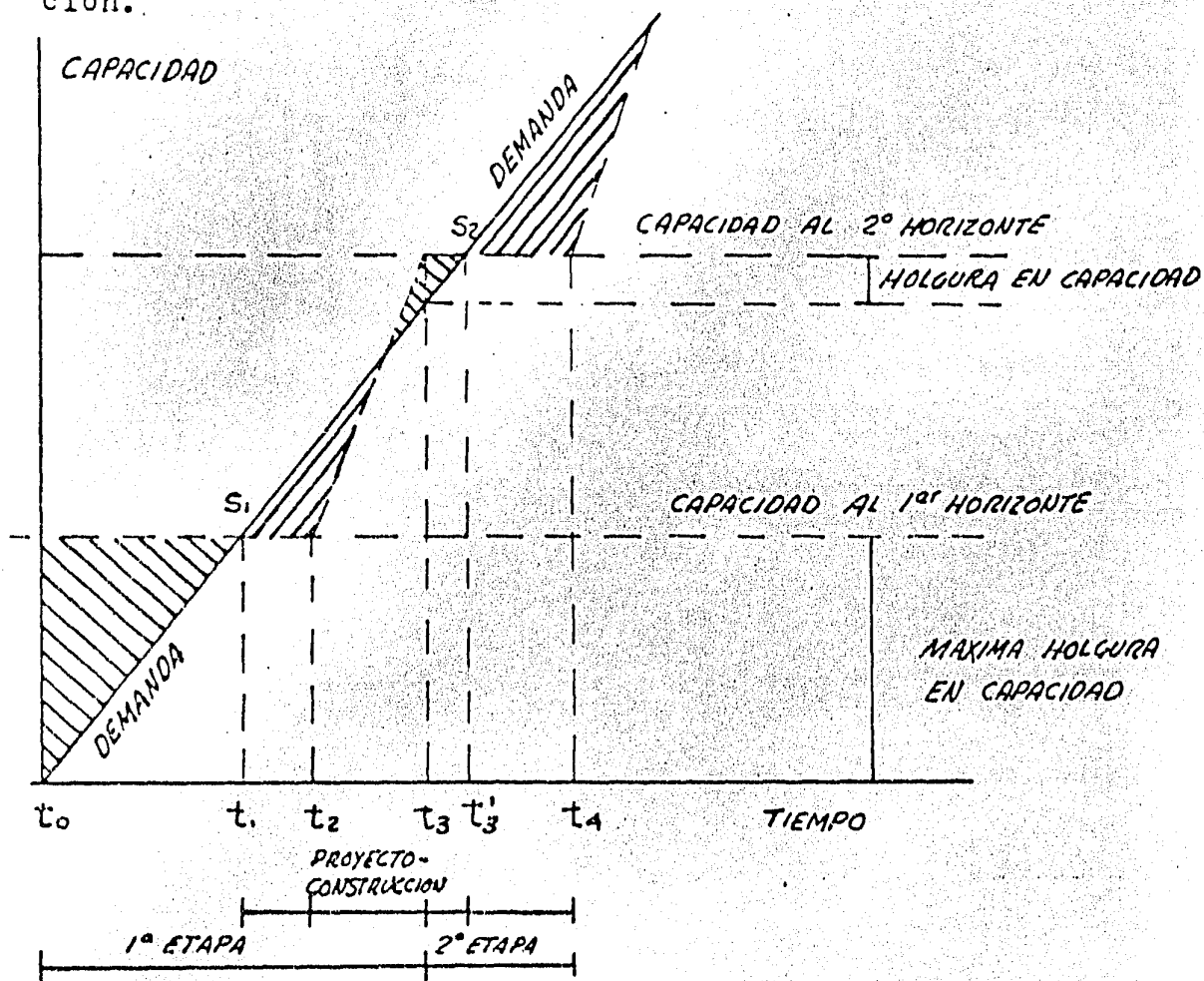
$h_2$ : INCREMENTO MINIMO PARA ATENDER LA DEMANDA AL TIEMPO 2

$h'_2$ : HOLGURA EN CAPACIDAD AL TIEMPO 2



A continuación se ilustran diferentes situaciones de Planeación - Desarrollo del Plan Maestro.

Para optimizar las holguras en cuanto a capacidad y tiempo, debe buscarse reducir los retrasos de iniciación de obras de la siguiente etapa. Esto abate el costo de la solución.



$t_1 - t_2$  RETRASO DEL INICIO DE OBRAS 2ª ETAPA

$t_2 - t_3$  DURACION DE OBRAS 2ª ETAPA

$t_4$  INICIO DE OBRAS DE LA 3ª ETAPA

$t_1 - t_3$  SATURACION

$t_3 - t_3'$  HOLGURA EN EL TIEMPO

$S_1$  SATURACION 1

$S_2$  SATURACION 2

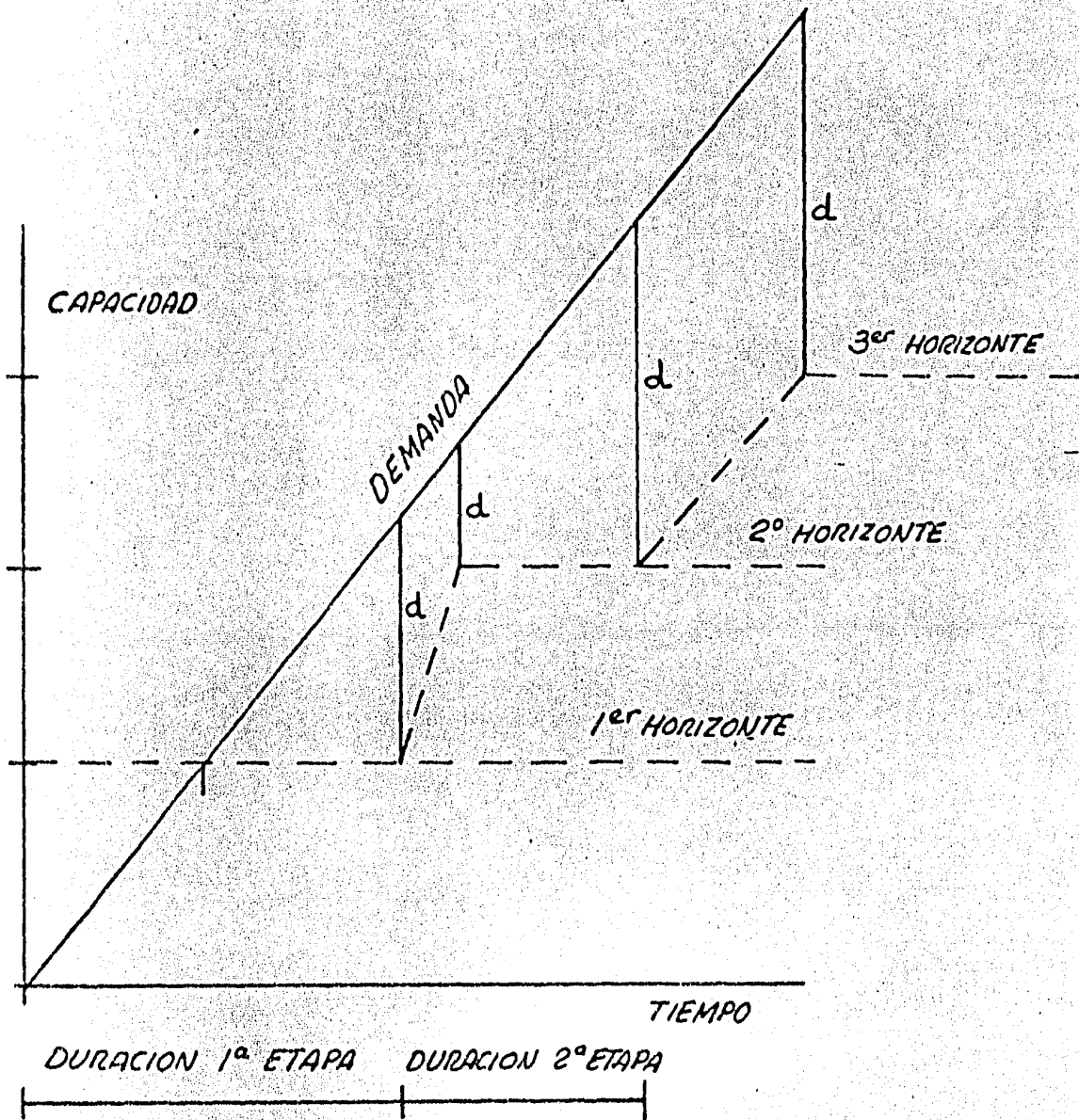



HOLGURA EN CAPACIDAD



DEFICIT EN CAPACIDAD

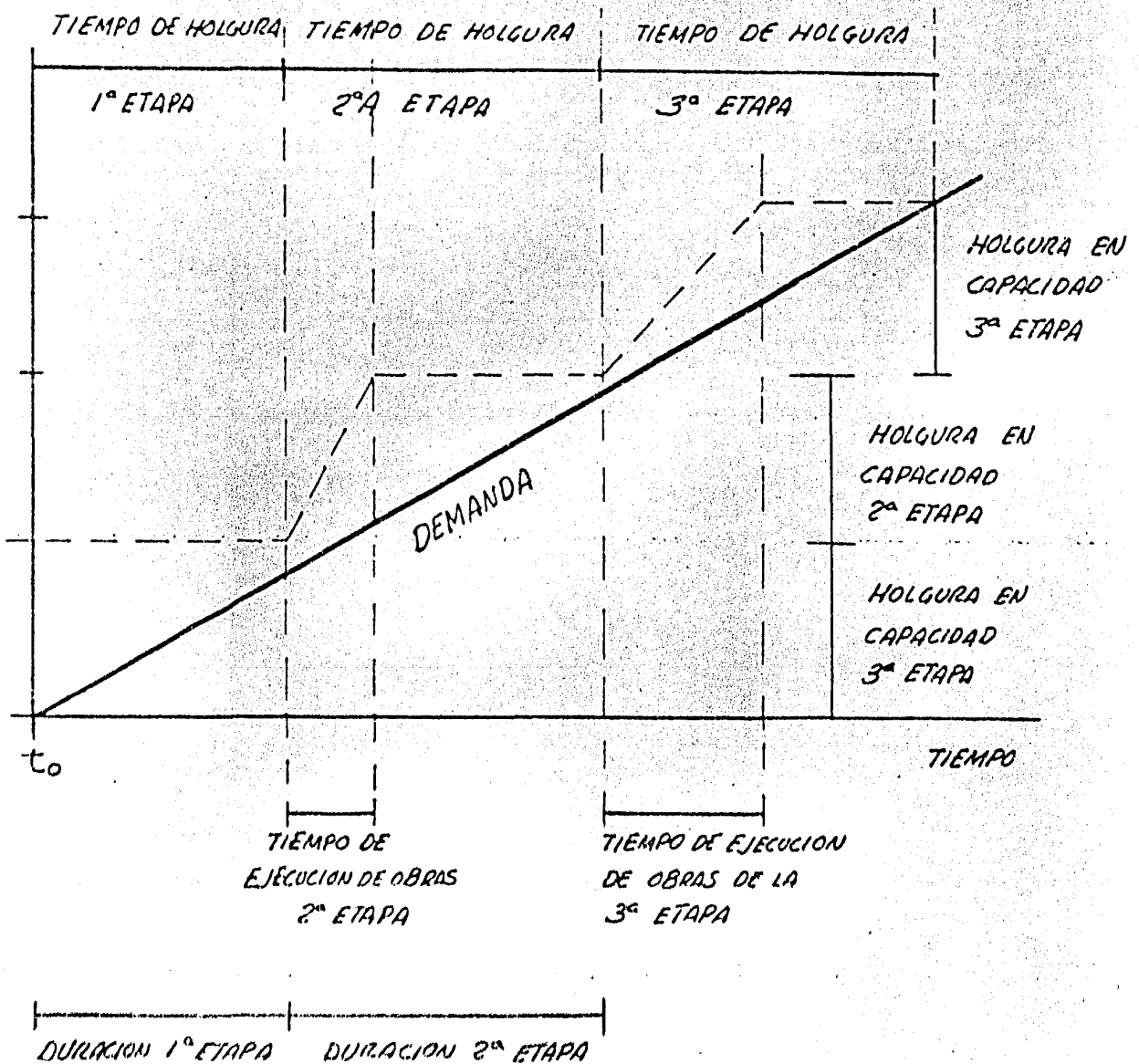
El siguiente es un caso negativo en extremo. Disminuyen al mínimo las holguras en cuanto a capacidad y su duración--aumenta al máximo; además el aeropuerto siempre está saturado, lo cual provoca elevación de los costos en todos los ordenes.



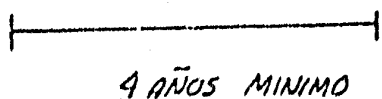
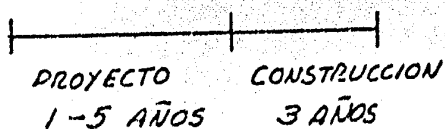
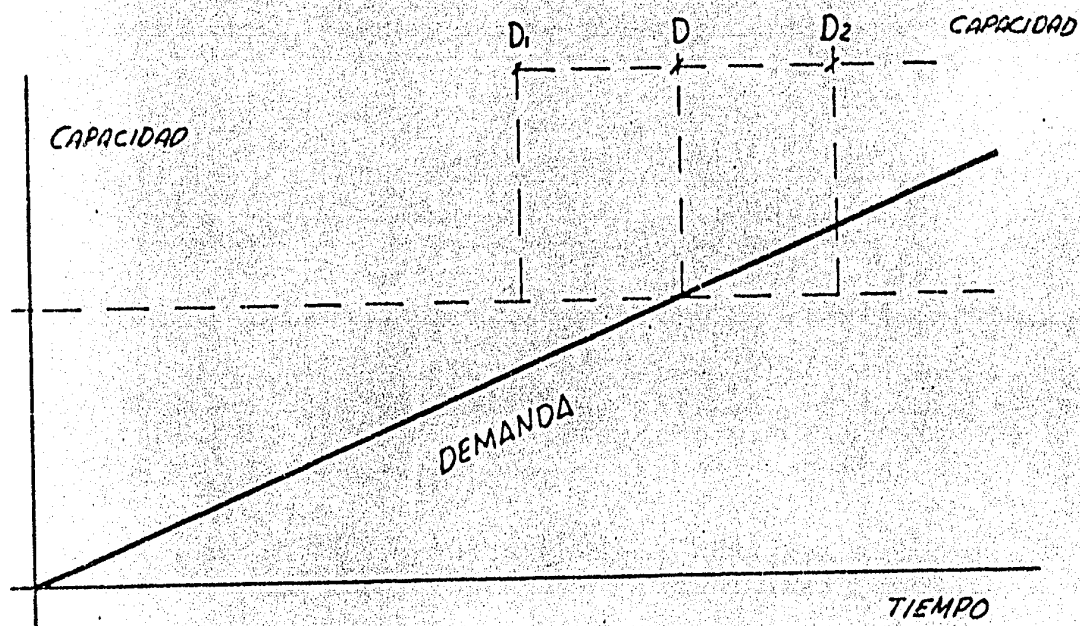
  
 DURACION DE LA  
 HOLGURA 1ª ETAPA

$d$ : DEFICIT

Este es un caso ideal, donde la política de desarrollo--permite la aplicación oportuna de recursos, por eso los tiempos de inicio de construcción de las etapas subsecuentes ocurren antes de alcanzar los puntos de saturación del servicio. Puede verse que se han incrementado al máximo los tiempos de holgura y reducido a cero los tiempos de saturación. Esta solución quizá no sea posible, por tener que hacer inversiones anticipadas.



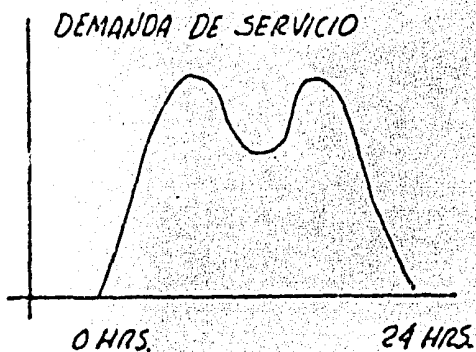
En la figura siguiente, se muestra un detalle de la relación Capacidad- Demanda - Tiempo; el cual debe ser tomado en cuenta al proyectar el Plan Maestro. Destaca la importancia del momento de decisión en cuanto a su oportunidad.



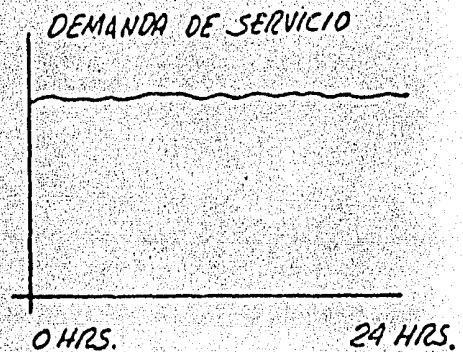
$D$ : PUNTO DE DECISION  
 $D_1$ : DECISION CON ANTICIPACION  
 $D_2$ : DECISION CON RETRASO

## COMPORTAMIENTO HORARIO:

Para llegar a determinar la magnitud de la demanda de servicio en cifras de "No. de pasajeros/año"; es necesario partir del comportamiento horario, que no es otra cosa que la forma de la curva de distribución de la demanda de servicio en las diferentes horas del día. Las figuras siguientes ilustran diferentes situaciones que suelen presentarse.

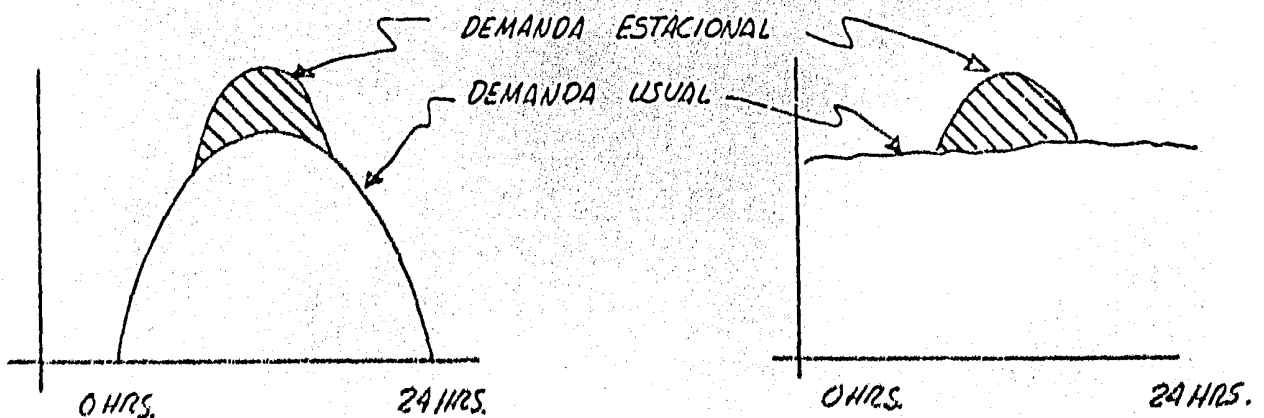


Caso de un aeropuerto normal, donde la demanda es mucho mayor en determinadas horas.



Aeropuerto con una enorme demanda, constante las 24 horas del día.

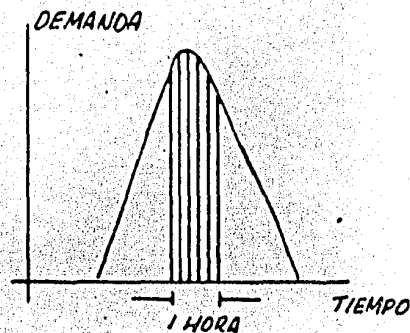
A lo anterior se agregan los fenómenos de demanda estacional, como vacaciones, eventos deportivos, convenciones etc.



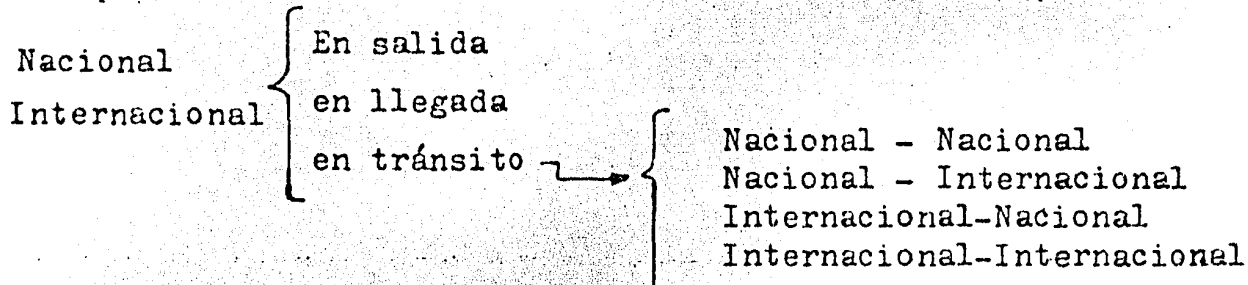
Otros factores que son necesarios de valorar previamente, para realizar un proyecto aeroportuario son los sigs.

a) Número de pasajeros/año y Número de pasajeros por "Hora - de Diseño".

La "Hora de Diseño" es aquella donde la distribución de la demanda de servicio es mayor, en un lapso de una hora del día. La "Hora de Diseño", está en función del tipo de demanda y del tipo de servicio que se proporciona.

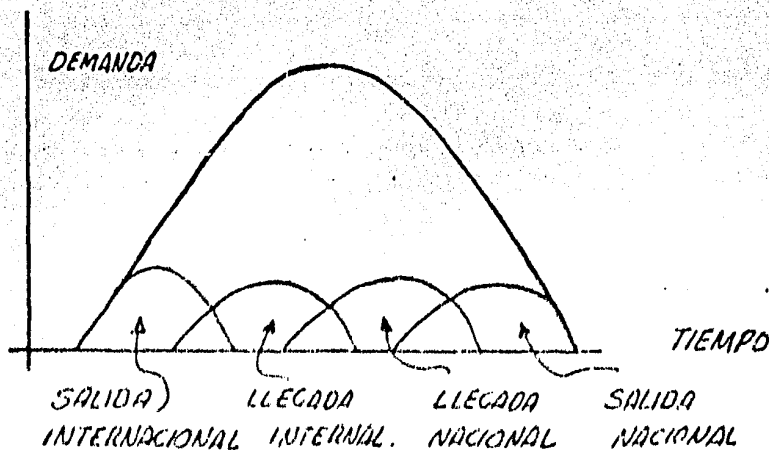


b) Tipo de servicio



Pasajero en tránsito es aquel que hace conexión de uno a otro aeroplano, sin salir del aeropuerto.

La forma de la curva de demanda donde se desglosan los tipos de servicio, puede ser de la siguiente manera:



b) ESTUDIO DE LA RELACION COSTO-BENEFICIO EN LA TOMA DE DECISIONES.

Esta relación no es otra cosa que establecer una base de comparación, de costos contra los beneficios o daños que puedan emanar de una decisión, considerando las múltiples opciones que pudieran presentarse en un dado caso.

Un análisis completo de esta naturaleza debe incluir no solo los costos y beneficios tangibles sino también los intangibles.

Los beneficios evidentes o tangibles incluyen aspectos como la reducción de tiempos de demora en los horarios de vuelo, lo cual abate directamente costos de operación y transporte. Pero por otra parte y desafortunadamente los costos como los de tipo social por ejemplo, son mucho más difíciles de valorar en términos monetarios y por eso se les denominan intangibles.

Aunado a todo lo anterior, se deben buscar otros beneficios además de los primarios, en el proceso de toma de decisiones; esto es lograr al menos la reducción del efecto producido por factores negativos como es el ruido de las aeronaves por ejemplo. Este problema tiene tal magnitud que incluso puede llegar a obligar en un momento dado a obligar a buscar otra orientación para una pista proyectada, en un intento para disminuir el número de personas afectadas por dicho factor contaminante. Tal problema se analiza con detalle en el capítulo 6.

Pero algo que debe quedar muy claro es que el análisis costo-beneficio no es el objetivo en sí mismo, ni la razón de todo el proceso de planeación, sino que significa una importante ayuda para llegar a tomar una decisión más acertada y oportuna.

### c) ASPECTO FINANCIERO. POSIBILIDADES.

Un aeropuerto debe estar concebido, proyectado, construido y financiado de manera que permita la autosuficiencia y - en todo caso, no signifique una carga excesiva para usuarios y contribuyentes.

Además el incremento comercial que provoque el aeropuerto debe ser suficiente para lograr el autofinanciamiento; y de que la amortización del costo sea obra del pago realizado por todo el país indirectamente.

Los ingresos de un aeropuerto son de orden aeronáutico - como cuotas de aterrizaje, uso de plataformas, tránsito en aeropuerto y de orden no aeronáutico como alquiler de terrenos, derechos por anuncios, concesiones etc. Estos ingresos son de importancia tal que si llegan a representar un 60% del ingreso total, harán que el aeropuerto sea autofinanciable, una vez construido.

En el caso de construcción de un aeropuerto, la posibilidad económica de hacerlo difiere de la financiera, porque no se puede garantizar que sea posible su realización desde un punto de vista financiero, aunque sea factible económicamente hablando. En otros términos puede llegarse al punto de encontrar la solución de un problema de construcción aeroportuaria, desde los puntos de vista técnicos, políticos, sociales -- por su relación costo-beneficio, pero si el problema consiste en la obtención de recursos financieros para realizarlo, es decir que no haya dinero para construirlo, aunque económicamente signifique beneficios a la comunidad; entonces se "congelará" al menos por algún tiempo el proyecto, hasta que las condiciones financieras lo permitan. Desafortunadamente el costo habrá aumentado seguramente, para ese entonces.

### d) IMPACTO AMBIENTAL.



El impacto ambiental previsto para cada una de las alternativas debe ser considerado e incorporado en el análisis de la relación costo-beneficio.

Aquí intervienen factores como los asentamientos humanos, contaminación, abastecimiento de agua, remoción de aguas residuales etc.; todos ellos de gran importancia por lo que deben ser valorados cuidadosamente para dar soluciones satisfactorias a cada uno de ellos.

### 5.1 FINALIDAD DEL PLAN MAESTRO.

Específicamente el Plan Maestro se elabora con los siguientes objetivos:

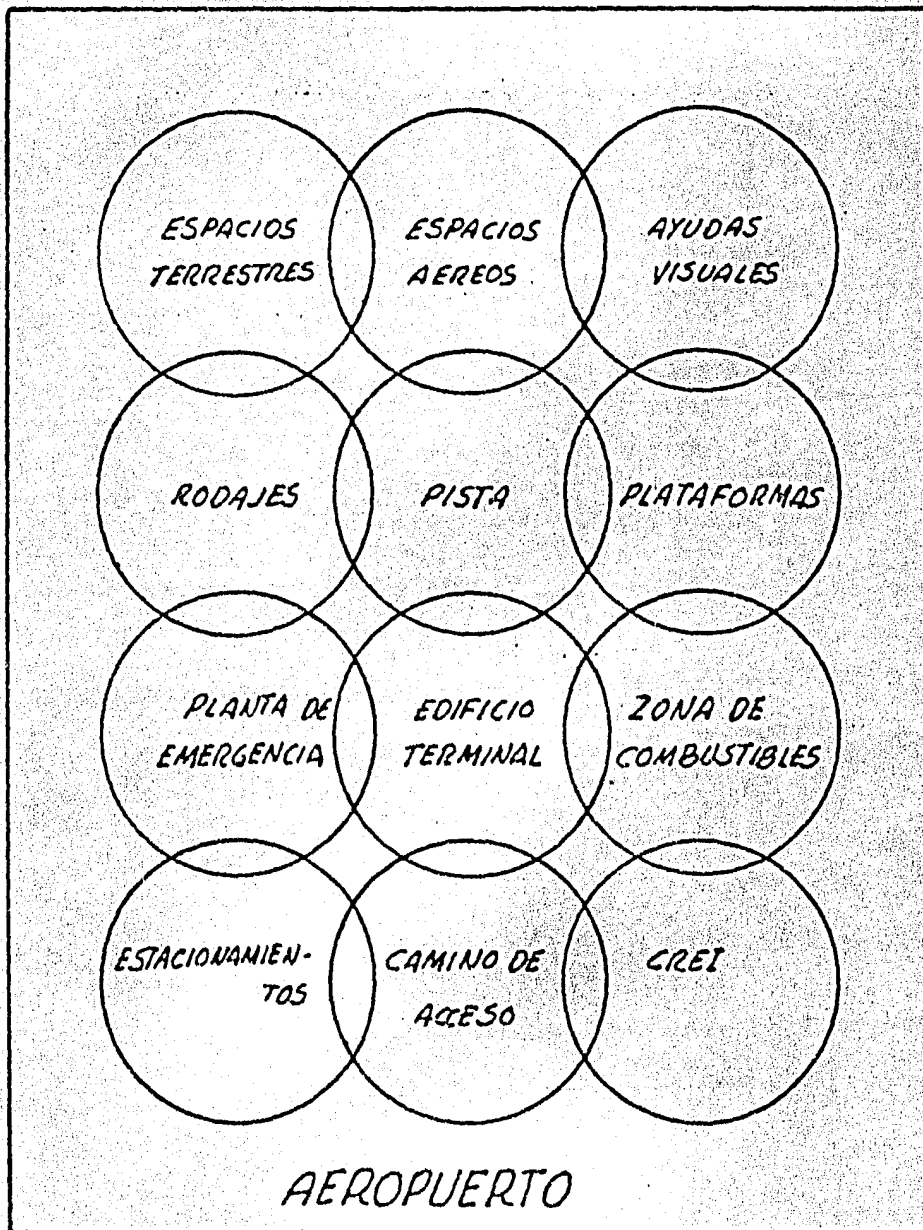
- 1) Desarrollar las instalaciones y servicios del aeropuerto.
- 2) Precisar el uso del terreno del aeropuerto propiamente dicho, así como su entorno.
- 3) Prevenir los efectos ambientales en todos los órdenes, que acarreará la construcción.
- 4) Determinar las necesidades de accesos, así como su construcción y desarrollo.
- 5) Establecer la factibilidad económica de poder llegar a realizar el proyecto con todas las actividades financieras que se propongan.

### 5.2 ELABORACION DEL PLAN MAESTRO.

Un aeropuerto no es otra cosa que un conjunto de sistemas integrado y adecuadamente balanceado para que funcione como tal. La capacidad de dicho conjunto está determinada por la componente de menor capacidad dentro de dicho sistema, por tanto:

La elaboración del Plan Maestro, es un trabajo de alta calidad, por tanto debe encargarse a especialistas del desa-

UN AEROPUERTO ES UN CONJUNTO DE SISTEMAS INTEGRADO Y ADECUADAMENTE BALANCEADO



rollo de cada uno de los subsistemas, haciendo labor de equipo, por lo que se requiere de una coordinación general.

El trabajo que ellos realicen en su respectivo campo, deberá tener como base el estudio de los pronósticos de la demanda de servicio, por lo que se requiere precisar el número de pasajeros por atender en cada una de las etapas del Plan.

Posteriormente después de conjuntar cada estudio, se debe llegar a determinar el costo del proyecto por etapas, además del costo global al término del horizonte previsto. Conocido lo anterior, será posible decidir de acuerdo a los recursos financieros disponibles si es factible o no la realización del proyecto.

### 5.3 INFORMACION ADICIONAL.

Para elaborar el Plan Maestro es necesario disponer de información adicional y poder llegar así al punto de predicciones así como a la decisión del lugar más apropiado para el emplazamiento, el momento mas oportuno para la construcción, sus dimensiones, la capacidad del aeropuerto etc.

Esta información adicional es relativa al movimiento de aviones en "Horas Pico", además de movimiento de carga aérea y correo, volúmenes de pasajeros etc.

### 5.4 VOLUMENES DE DEMANDA

Para calcular los posibles volúmenes de pasajeros puede procederse de la forma más sencilla como es apoyarse en las cifras observadas en forma retrospectiva. Otro método consiste en realizar un cálculo más sofisticado que relaciona la demanda con factores de aspecto social, económico y tecnológico que influyen en el transporte aéreo; pero de cualquier manera la previsión de la posible demanda se realiza bajo un alto grado de incertidumbre.

### 5.5 MODELO DE DEMANDA.

Tal modelo se elabora para llegar a la predicción del volumen de demanda, para ello se procede de la forma siguiente.

a) Observar las tendencias actuales y pasadas en la demanda de viaje aéreo. En el caso de construcción de un aeropuerto existiendo ya otro para la misma comunidad, resulta -- más sencillo por disponerse de información directa. Pero en caso de construcción de un aeropuerto donde no exista otro, -- debe procederse a inferir resultados de la información que se obtenga, por ejemplo del caso de una población semejante.

b) Investigar para llegar a trazar histogramas que muestren las variaciones entre los factores económicos, sociales y tecnológicos con la demanda de transporte aéreo.

c) En base a lo investigado en b) llegar a establecer -- una relación entre los factores citados y la demanda de transportación.

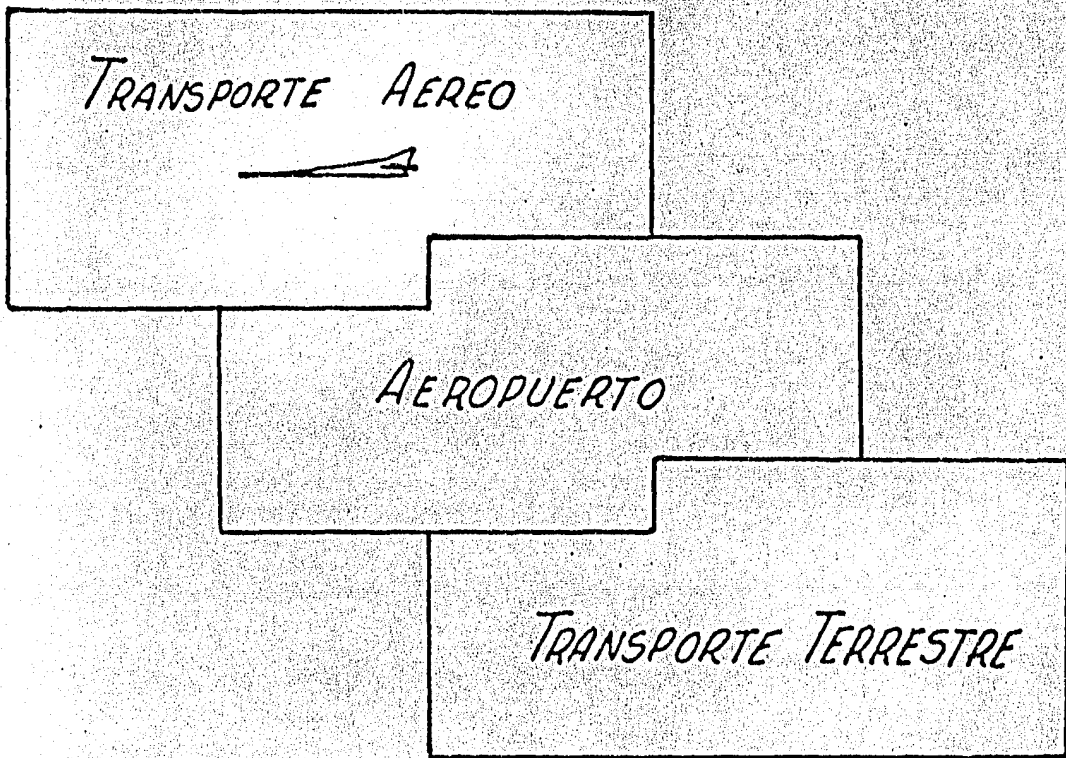
d) Realizar una predicción de lo que se espere hacia el futuro de las cifras indicadas en b)

e) Llegar a la utilización del modelo para llegar a determinar la futura demanda.

### 5.6 EL AEROPUERTO COMO UN SISTEMA.

Un aeropuerto constituye un enlace entre dos sistemas -- de transporte como son el aéreo y el terrestre. Simultáneamente es un conjunto de sistemas integrado por los siguientes elementos:

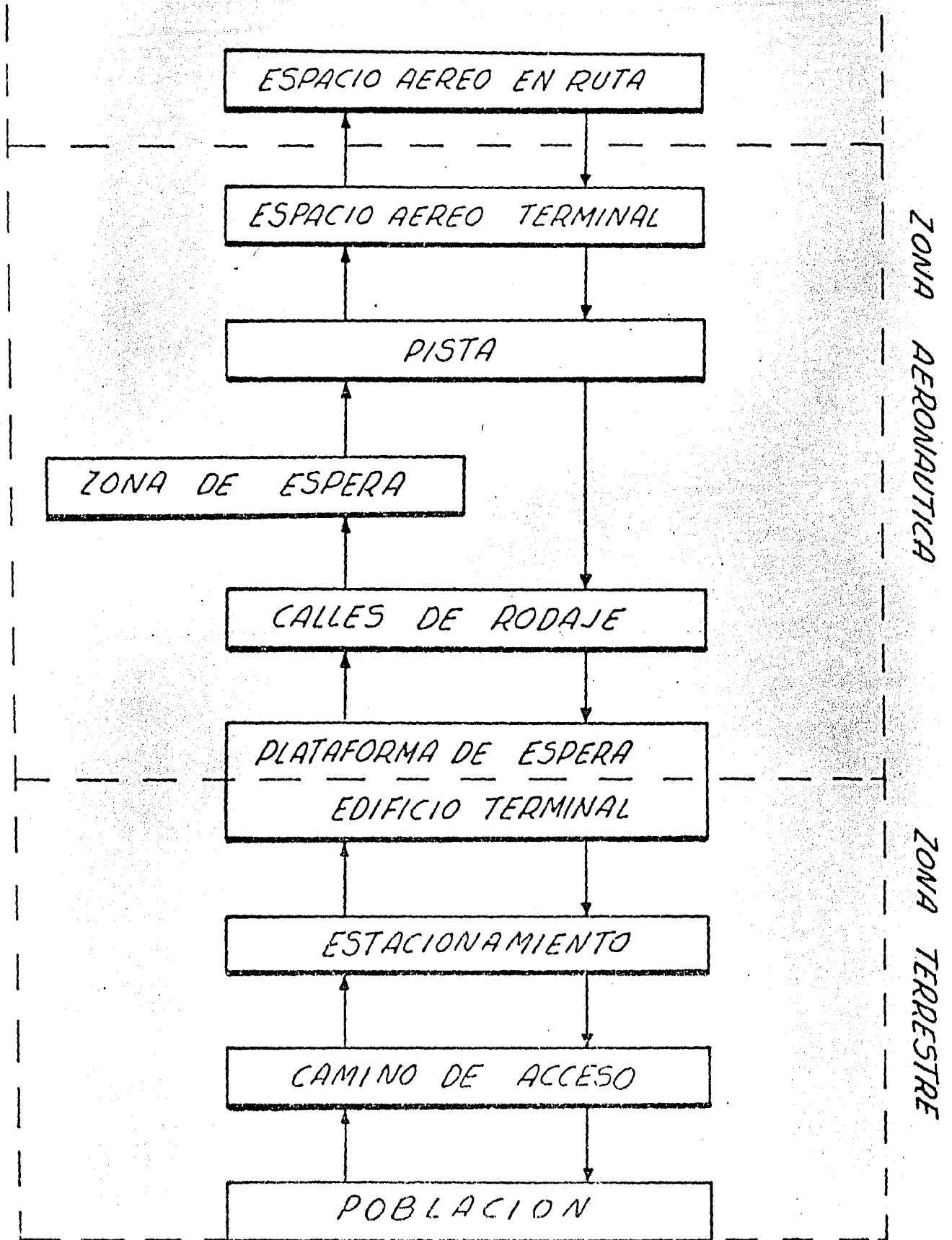
- a) Espacios aéreos.
- b) Pista, calles de rodaje y plataformas.
- c) Edificio terminal.
- d) Camino de acceso y vialidad



*AEROPUERTO :*

*ENLACE ENTRE DOS MEDIOS DE TRANSPORTE*

## SISTEMA AEROPORTUARIO



- e) Almacenamiento y distribución de combustibles.
- f) Centro de rescate y extinción de incendios. (CREI)
- g) Zona de talleres y servicio de mantenimiento
- h) Estacionamiento para vehículos terrestres.

Como se ha dicho antes, la capacidad global del sistema, está determinada por la menor capacidad que posea alguno de los elementos componentes del sistema; por lo cual se debe procurar continuamente mejorar, nivelando el funcionamiento del subsistema de menor capacidad, para mantener alta su eficiencia.

#### 5.7 CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES AEROPORTUARIOS.

a) Espacios aéreos: Están constituidos por volúmenes -- bien dimensionados pero invisibles. Dentro de ellos las aeronaves realizan sus maniobras aéreas bajo estrictas normas de seguridad.

b) Pista, rodajes y plataformas: La pista constituye precisamente el punto de enlace entre el espacio aéreo y el terrestre. Los rodajes permiten la circulación de las aeronaves sobre la superficie terrestre y las plataformas su estacionamiento; por lo cual forma y dimensiones de plataformas y calles de rodaje son consecuencia de la geometría y características generales de las aeronaves.

c) Edificio terminal: Es el acceso y salida del pasajero del transporte aéreo al terrestre y viceversa.

d) Camino de acceso: Constituye el enlace entre el aeropuerto y la población a la cual sirve. Aquí se incluye el transporte que se utilice.

e) Almacenamiento y distribución de combustibles: Este renglón está constituido por los tanques, ductos, camiones cisterna ocupados para el almacenaje, movimiento e inyección de-

los combustibles.

f) CREI: Ocupado del auxilio y salvamento en caso de siniestros.

g) Zona de talleres y servicio: Es ahí donde se efectúa el mantenimiento y reparación de las aeronaves.

h) Estacionamientos: Siendo el automóvil el vehículo favorito tanto de pasajeros como de acompañantes, visitantes, empleados tripulaciones y demás personal, los estacionamientos constituyen necesidades muy importantes a satisfacer.

Debe hacerse notar que la capacidad existente en los puntos f) y g) no afecta la capacidad global del sistema aeroportuario.

Las características y necesidades particulares de todos y cada uno de los componentes indicados, deben ser tomados en cuenta durante la elaboración del Plan Maestro, por lo cual la colaboración de especialistas en cada punto es obligada.

Por lo anterior puede llegarse a visualizar el tamaño y forma del aeropuerto para un cierto horizonte objetivo. Dichas características no las tendrá durante sus etapas iniciales, pues su evolución deberá ser función directa de los volúmenes de demanda que ocurran. Es decir se planea un desarrollo por etapas precisamente, el cual permitirá la adaptación de todos los elementos integrantes a las nuevas condiciones tecnológicas.

## 5.8 PLANEACION DE LAS INSTALACIONES DE UN AEROPUERTO.

Para efectuar la correcta planeación de dimensiones, características y necesidades por satisfacer de todos y cada uno de los elementos e instalaciones de un aeropuerto, es necesario conocer las características generales de los aviones.

Por lo anterior es obligado conocer peso, dimensiones, ~



capacidad y demás características de los aviones a utilizar el aeropuerto planeado. En base a tales datos se podrá diseñar los elementos del mismo, como son las pistas, calles de rodaje, plataformas, edificio terminal, zona de abastecimiento de combustibles, camino de acceso, estacionamientos etc.

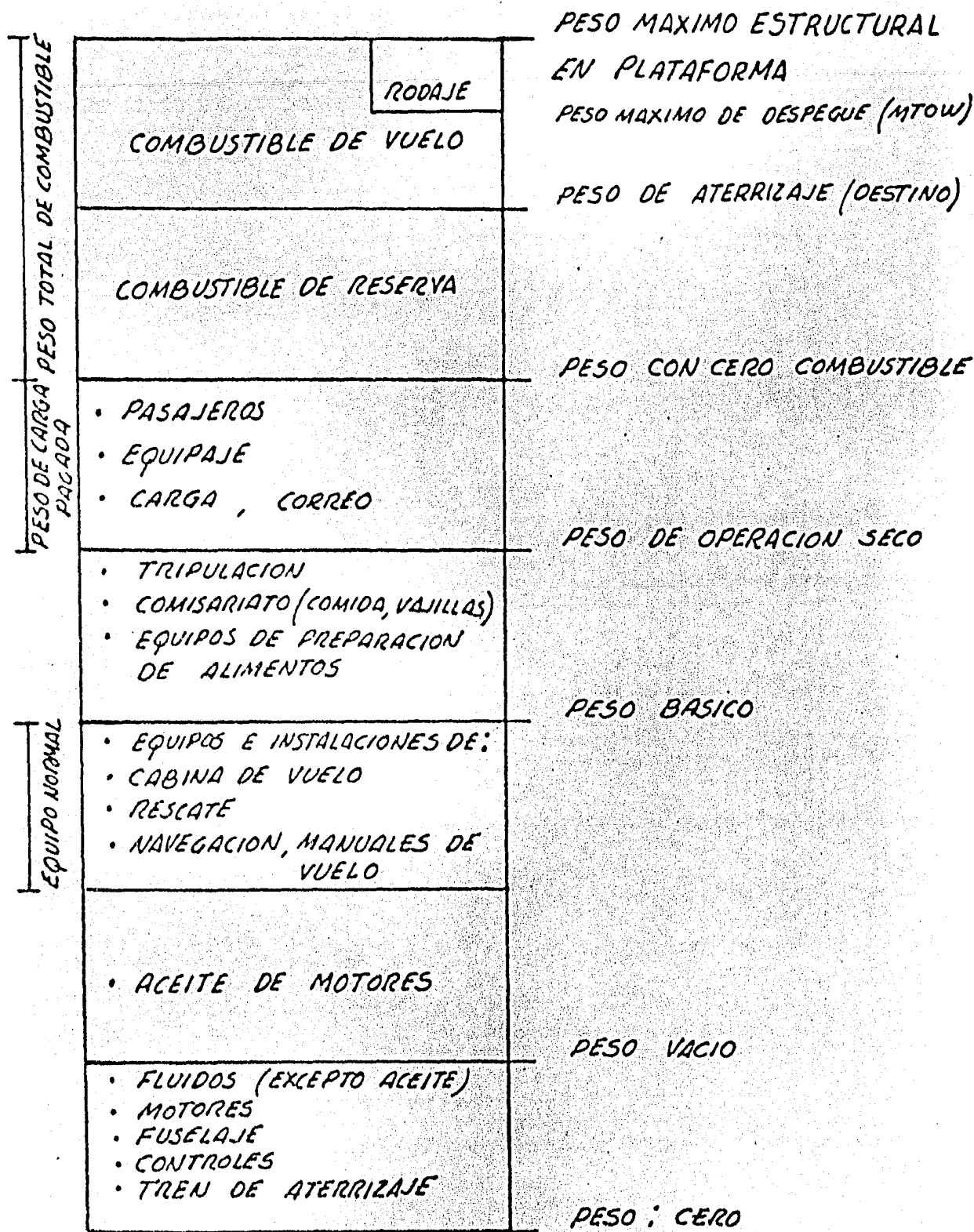
**PESO DE UN AVION:** Es requisito conocerlo para llegar a diseñar los pavimentos de pistas, rodajes y plataformas, también es un factor utilizado para determinar la longitud necesaria de la pista.

**DIMENSIONES DE UN AVION:** Las dimensiones de plataformas, pistas y rodaje son una consecuencia directa de la envergadura y longitud del fuselaje del avión utilizado para su diseño; a su vez las dimensiones, forma y algunas características de los edificios terminales, son consecuencia de la forma y dimensiones de las plataformas de estacionamiento aeronáutico.

Igualmente en el caso de las pistas paralelas, la distancia entre ellas debe ser lo suficiente para permitir ubicar un avión en espera de paso, sin que interfiera el uso de ambas pistas.

**CAPACIDAD DE UN AVION:** Es un dato necesario para llegar a precisar las dimensiones y necesidades del edificio terminal, por ser una consecuencia directa de los volúmenes de pasajeros por utilizarlo. Estos volúmenes son determinados por la capacidad del avión utilizado para diseño y por la frecuencia de uso que se espera del mismo.

**RODAJE DE AERONAVES:** El tránsito de las aeronaves en tierra debe ser previsto e incluso obligadamente dirigido y señalado en los rodajes y plataformas, por lo que es necesario conocer las características de las posibilidades de movimiento de un avión.



DIFERENTES PESOS DEL AVION CONSIDERADOS

CARACTERISTICAS DE ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES AVIONES DE TRANSPORTE

AVION	FABRICANTE	TURBINAS	VELOCIDAD	ALCANCE	BASE	ENVERG.	LONG.	ALTURA
DC 9 32	DOUGLAS	2TF	918km/h	5176km	16.2	28.4m	36.4m	12.8m
DC 8 61	DOUGLAS	4TF	933	6033	23.6	45.2	57.1	12.9
DC 8 63	DOUGLAS	4TF	938	7242	18.5	45.2	57.1	12.9
DC 1010	DOUGLAS	3TF	932	8336	22.1	47.3	55.5	17.7
B707 120B	BOEING	4TF	919	5176	15.9	40.0	44.2	12.8
B727 200	BOEING	2TF	964	2968	19.3	32.9	46.7	10.4
B737 200	BOEING	2TF	927	4071	11.4	28.3	30.5	11.3
B747 B	BOEING	4TF	978	11392	25.6	59.7	69.8	19.3
L 1011	LOCKHEED	3TF	925	7187	21.4	47.3	53.7	16.9
A300 B2	AIR BUS IND	2TF	936	4988	18.6	44.8	53.6	16.5
CONCORDE	BAC AEROSPATIALE	4T	2333	7224	18.2	25.6	61.6	12.2
ILUSHIN 62	URSS	4TF	901	6693	24.5	43.2	53.1	12.3
TUPOLEV 154	URSS	3TF	973	6898	18.9	37.5	47.9	11.4
TUPOLEV 144	URSS	2TF	2356	7356				

TF.: TURBORREACTOR CON SOPLANTE

T : TURBORREACTOR.

CARACTERISTICAS DE ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES AVIONES DE TRANSPORTE

AVION	FABRICANTE	PESO MAX DESPEGUE	PESO MAX DE ATERRIZAJE	PESO SIN COMBUST.	CARGA DE PAGO (Ton.)	LONGITUD DE PISTA
DC 9 32	DOUGLAS	48,989kg	44,900kg	39,463kg	115-127	2,286m
DC 8 61	DOUGLAS	147,417	108,864	101,606	196-259	3,356
DC 8 63	DOUGLAS	161,028	117,029	104,328	196-259	3,627
DC 10 10	DOUGLAS	191,048	164,884	151,956	270-345	2,743
B707 120B	BOEING	116,729	86,184	77,112	137-174	2,286
B727 200	BOEING	76,658	68,040	62,597	134-163	2,621
B737 200	BOEING	45,587	44,453	38,556	86-125	1,707
B747 B	BOEING	351,540	255,840	238,597	362--490	3,353
L 1011	LOCKHEED	195,048	162,388	147,420	256-330	2,286
A300 B2	AIR BUS	136,987	127,507	116,498	225-345	1,981
CONCORDE	BAC-AERO	176,450	108,864	90,720	108-128	3,429
ILUSHIN 62	URSS	161,935	105,235	93,442	168-186	3,249
TUPOLEV 154	URSS	90,000	84,000	63,501	128-164	2,100
TUPOLEV 144	URSS				140	3,100

## 5.9 ALGUNAS CARACTERISTICAS DE UN AEROPUERTO.

Entre las características más importantes de un aeropuerto, están precisamente las de sus pistas, tales como son su orientación y el número de ellas; además de sus dimensiones geométricas y características constructivas. El número de pistas depende del número de operaciones por hora que se realicen y su orientación es consecuencia de la dirección de los vientos predominantes.

Si en un dado caso el Plan Maestro indica la necesidad de contar con dos pistas debido a la demanda prevista; y si el estudio de vientos señala además dos orientaciones necesarias, deberá buscarse entonces una solución atendiendo ambos requerimientos. Pero debe ser tomada la decisión final en base al estudio de espacios aéreos, el cual precisará el número de pistas adecuado a las posibilidades. No debe olvidarse tampoco considerar las dimensiones del espacio terrestre disponible.

Otro punto importante por lograr se refiere a las longitudes de los rodajes y es que las distancias que deban rodarse los aviones desde las plataformas hasta las cabeceras de pista no sean excesivas; ésto por atención directa a la reducción de tiempos y gastos de operación.

Por lo que respecta al edificio terminal, podemos decir que sus dimensiones deben ser una consecuencia directa de los pronósticos del flujo de pasajeros, equipaje y carga. Entre los elementos fundamentales con los que se debe disponer en el edificio terminal, están los andenes de llegada y salida de pasajeros, el vestíbulo requiere de espacio suficiente para proporcionar diversos servicios, como mostradores de información, servicios sanitarios, áreas de concesiones, restaurantes, tiendas, bancos, seguros, rentas de automóviles, oficinas de correos y telégrafos, teléfonos públicos, resguardo de equipaje.

je, reservaciones para hoteles. Además el edificio debe contar con salas de espera, pasillos de tránsito al avión y regreso del mismo, puntos de control y vigilancia, manejo de equipaje, espacios dedicados a las tripulaciones y personal de aerolíneas. Por lo que respecta a dependencias del gobierno, deberá disponerse de espacio para ubicar oficinas de migración, aduana, sanidad y salas de recepción oficial, prensa e información, sin olvidar los locales para las autoridades administrativas del propio aeropuerto, junto con su personal de mantenimiento aseo y vigilancia. Finalmente no olvidarse de otorgar espacio para ubicar una planta de energía eléctrica de emergencia para uso exclusivo del edificio terminal.

En lo relativo a plataformas, puede decirse que dada la mutua dependencia entre la plataforma y el edificio terminal, sus respectivas formas están influenciadas entre sí.

El tamaño de la plataforma depende del número de posiciones necesarias, el cual se basa en el número y tipo de aviones que se espera tener en un momento dado, así como del tiempo estimado de utilización de dichas posiciones. El volumen de la demanda igualmente es factor para precisar el número de posiciones, así como el porcentaje de cada tipo de avión que utilizará la plataforma.

El acceso al aeropuerto también es muy importante considerarlo al realizar el diseño del mismo. Tiempo, distancia y por consiguiente costo del trayecto, son las variables involucradas en la búsqueda de la optimización económica.

Respecto a la transportación del pasajero, acompañantes y personal de oficinas tierra y aire, como el automóvil es el vehículo favorito, en el Plan Maestro se debe prever la necesidad de espacios para estacionamientos, en la proporción adecuada a las dimensiones del propio aeropuerto.

El abastecimiento eficiente y seguro de combustibles es algo obligado y que debe estar previsto . El método a emplear puede ser mediante camiones cisterna, utilizando fosas bajo las plataformas o bien mediante sistemas de hidrantes, la seguridad, así como agilidad en el servicio significa la optimización de éste punto.

#### 5.10 PLAN MAESTRO. CONCLUSION

El Plan Maestro de un aeropuerto, se elabora para normar el crecimiento por etapas del mismo. Esto se realiza en base a las condiciones del desarrollo que se prevea ocurran en la comunidad por servir.

Debe observar el Plan en su etapa inicial, el incremento de sus factores de desarrollo a corto plazo y en las etapas subsecuentes, el desarrollo de sus elementos a largo plazo; - precisamente éstos determinarán el número de etapas que deban constituir el Plan.

Al elaborar el Plan Maestro, debe tomarse en cuenta, que conforme se vaya desarrollando el aeropuerto, la población -- tenderá a crecer hacia esa zona, lo cual se debe prever en el Plan Regulador de Población; evitando así la interferencia -- en zonas de protección para aproximaciones y despegues. Además debe reducirse el efecto de contaminación atmosférica y ruido del aeropuerto hacia la población.

En todo momento para la elaboración del Plan Maestro, se debe contar con la asesoría del personal especializado en aeronáutica civil y demás ramas profesionales involucradas.

Durante toda la vida del aeropuerto resulta fundamental revisar la relación capacidad-demanda-inversiones-costos.

Aquí podemos encontrar situaciones extremas igualmente erróneas como el contar con un aeropuerto que durante mucho tiempo no necesite ampliaciones, lo cual significa que la in-

versión inicial, fué muy elevada y que las dimensiones del aeropuerto fueron desproporcionadas respecto a la demanda inicial. Lo contrario es igualmente indeseable.

Finalmente debe observarse que desafortunadamente cada aeropuerto significa una solución particular para una comunidad particular, es decir no se pueden copiar soluciones.



## 6.0 IMPORTANCIA DE LOS EFECTOS DEL RUIDO PRODUCIDO EN LA AERONAUTICA.

### 6.1 INTRODUCCION.

Como se ha mencionado anteriormente, los aeropuertos constituyen muy importantes polos de desarrollo económico y social; desafortunadamente, también son generadores de problemas propios de los asentamientos humanos.

Aunque la planeación realizada determine su ubicación a una distancia razonablemente lejana de la población a seguir, en poco tiempo se ven inmersos dentro de grandes concentraciones humanas. A tal grado que aún sin concluir aún su construcción, ya se habrán establecido comercios e industrias en la periferia, además del surgimiento inmediato de núcleos de población alrededor de la zona aeroportuaria.

Por lo anterior, el problema del ruido generado en los aeropuertos, es un asunto de extrema importancia dadas todas las consecuencias y circunstancias involucradas en él, como son las de tipo social, de salud, técnico, legal, etc., las cuales al conjuntarse pueden llegar inclusive en un caso extremo a obstaculizar el desarrollo aeronáutico.

Los efectos del ruido en el humano, van desde una baja en el rendimiento de trabajo y fatiga extrema, hasta casos graves de hipertensión o daños irreparables en el aparato auditivo.

Por tanto una medida muy importante para atenuar los efectos negativos al hombre y por consiguiente al sistema aeroportuario, es la de coordinar la elaboración y desarrollo del Plan Maestro Aeroportuario, con la planificación -

para el desarrollo del área circunvecina, principalmente - bajo las trayectorias de aproximación, aterrizaje y despegue.

Dicha coordinación es absolutamente necesaria y debe realizarse sin menoscabo de continuar la búsqueda de soluciones de otro tipo, como es la reducción del ruido emitido por los motores aéreos, mediante mejoras y modificaciones a los mismos. Ello además de amortiguar o desviar al menos las ondas sonoras, de hacer modificaciones en las zonas de despegue y de ser posible utilizar otras trayectorias de vuelo. Además el tiempo de exposición al ruido para el personal de tierra, debe disminuirse.

## 6.2 PRINCIPIOS FISICOS DEL SONIDO.

### 6.2.1 DEFINICION DE SONIDO.

Sonido es un fenómeno físico, producido por un cambio de energía potencial a energía cinética, el cual se manifiesta como una perturbación vibratoria en un medio elástico. El sonido puede ser percibido por el oído o por medio de instrumentos y su propagación ocurre por medio de ondas de presión en un espacio tridimensional.

### 6.2.2 CARACTERISTICAS DEL SONIDO.

El sonido tiene dos propiedades respecto al movimiento de las partículas del medio elástico; ellas son amplitud y frecuencia. Desde el punto de vista de su propagación, sus características son intensidad y velocidad.

Algunas características físicas de la perturbación sonora como la presión, la velocidad y la frecuencia son susceptibles de ser medidas. Aunque no interesa en realidad,

cuantificar la presión absoluta, sino la diferencia de presiones existentes en su fase inicial, antes de la perturbación y después de ésta.

El sonido en sí, es producido por una diferencia de presiones, la cual puede ser percibida tanto por el oído, como por medio de instrumento. Aunque oído e instrumentos lo perciben de forma distinta, pues el oído tiende a analizar y a discriminar sonidos que no le son importantes; mientras que los instrumentos miden estrictamente las diferencias de presión.

Como unidad de medida al utilizar instrumentos se tiene el decibel, o sea la décima parte de un Bel, unidad cuyo nombre fue puesto en honor de Alexander Graham Bell. El decibel se define como la energía necesaria para elevar la presión del aire de 0.0002 a 0.000 243 microbares.

Los sonidos puros se manifiestan como un movimiento vibratorio simple, cuya gráfica desplazamiento contra tiempo es una senoide. La frecuencia se refiere al movimiento de las partículas en la trayectoria de la senoide y mide el número de ciclos por segundo que ocurren; la unidad de frecuencia es el Hertz, el cual equivale a un ciclo por segundo. Por regla general, un sonido se presenta como una combinación o suma de sonidos puros. Y cuando esta combinación pierde sus características de regularidad y simetría de un ciclo al siguiente, el sonido se presenta al oído de una manera poco agradable; a este sonido se le denomina ruido.

### 6.3 RUIDO. DEFINICION. MEDIDA DEL RUIDO.

El ruido puede decirse que es un movimiento vibratorio,

no armónico o irregular. Se mide por su nivel de energía sonora, debido a que resulta más importante saber cuál es su efecto en las personas que el valor energético intrínseco del mismo.

Para poder llegar a determinar una unidad de evaluación se han efectuado unos estudios estadísticos con muchas personas, observando sus reacciones ante diferentes intensidades. En pocas palabras se preguntó, qué tan ruidoso parecía un sonido determinado de antemano por los aparatos de medición. Así se llegó a determinar el Noy; el cual corresponde a un ruido apenas molesto para la generalidad de las personas.

El Noy equivale a un ruido de 100 Hz. de frecuencia y de 40 db de intensidad. Un ruido de 2 Noys equivale a 1000 Hz de frecuencia y 50 db de intensidad; 4 Noys corresponden a 1000 Hz y 60 db.

#### 6.4 EXPOSICION DEL OIDO HUMANO AL RUIDO.

El oído humano es capaz de percibir sonidos producidos por presiones pequeñísimas, de tal manera que una presión de  $0.0002 \text{ dinas/cm}^2$  proporciona el primer sentimiento auditivo en un oído sano y joven. Si la presión aumenta hasta  $0.02 \text{ dinas/cm}^2$  el sonido produce dolor y al aumentar a  $0.024 \text{ dinas/cm}^2$  provoca la sordera. Pero eso no es todo; no solamente el ruido intenso puede producir sordera, sino también lo que se conoce como fatiga; esto es un cambio brusco y consecutivo de una intensidad alta a una baja. Ello ocasiona que el caracol del oído, instrumento transmisor de impulsos nerviosos al cerebro, sufra una fatiga mecánica, la

cual altera sus características de elasticidad y resistencia, la consecuencia de todo esto es la sordera. Sin embargo el caracol puede llegar a reestablecerse y la sordera só lo será transitoria; pero si la atrofia es total, la pérdida de la capacidad auditiva será total.

La forma de contrarrestar la fatiga auditiva es evitando el paso brusco a condiciones extremas. Este fenómeno debe ser tomado muy en cuenta al estudiar el problema de utilización de terrenos propios y adyacentes a un aeropuerto, debido al ruido de las turbinas aéreas, las cuales producen bruscos cambios de intensidades altas y bajas y viceversa.

#### 6.5 DESCRIPCION DEL PROBLEMA DEL RUIDO EN LA AERONAUTICA.

El notable aumento obtenido en la potencia de los motores que utiliza la aviación, además del gran número de aviones volando en todas direcciones, han provocado tal incremento en los volúmenes de ruido alrededor de los aeropuer--tos, que se ha constituido en una molestia cada vez mayor -- para el gran número de personas que viven en los alrededo--res o bajo las trayectorias de aproximación y despegue; to do ello además del efecto del mismo ruido en las personas -- que laboran en determinadas zonas dentro del propio aeropuer--to. Los niveles del ruido que afecta al personal de tierra que labora en los motores de reacción llegan ya al límite -- de tolerancia del humano y tienen en peligro su salud. Por tales motivos urgen soluciones tan eficientes que permitan a la aviación continuar su notable progreso.

Para lograr abatir los niveles de ruido, se debe atacar el problema desde los siguientes puntos de vista.

A.- Reducción del nivel de ruido emitido por los aviones de reacción.

Aquí se presenta algo muy importante; se busca reducir el nivel de ruido, pero a condición de no disminuir ni potencia ni eficiencia motora.

Al respecto, una realidad alentadora es que los fabricantes en todo el mundo, mantienen una búsqueda permanente de mejoras en todos sentidos, de los motores de aviación.

La Rolls Royce por ejemplo, ha realizado importantes programas de investigación, sacando al mercado versiones -- más silenciosas del motor Spey, denominado RB 163 - 67, inclusive, éste ha sido mejorado de inmediato por el RB - 211, el cual además de producir doble potencia, su nivel de ruido es 50% menor que sus antecesores. Uno de los principales motivos del bajo nivel de ruido del RB - 211, se debe a que incorpora tres ejes para que durante ciertas fases del vuelo especialmente durante el aterrizaje, el motor funcione a menor velocidad reduciendo así el ruido emitido. El motor --- Rolls Royce RB - 211, se fabrica principalmente para el Jumbo Lockheed-Tri-Star que utiliza la versión 22E de 19 000 Kg. de empuje. En años recientes el gobierno británico, com cendió a la Rolls, préstamos por 40 millones de libras, para fabricar en serie la versión 524 de 21,800 Kg. de empuje; motor diseñado especialmente para un modelo Tri-Star de -- gran autonomía. Asimismo el Boeing 747 utiliza la versión - 524 modificada de 22,700 Kg. de empuje. El B 747 también es equipado con 4 perfeccionados turbomotores JT90 de Pratt y Whitney. Por su parte la Douglas también equipa con el --

RB - 211 a su DC - 10.

Igualmente la compañía soviética Aeroflot, también se ha preocupado por encontrar la forma de disminuir el ruido que producen sus aviones. Desde el principio de la década de los 70s, en la U.R.S.S. entraron en vigor nuevos reglamentos que controlan la construcción de aeropuertos en las inmediaciones de la ciudades y la emisión de ruido que produzcan sus aparatos IL - 62, TU - 154, y YAK - 40. Dichos aviones se han construido con arreglo a esas normas como pueden constatar los 85 países que reciben o utilizan en sus propias aerolíneas los turborreactores soviéticos.

En los Estados Unidos, el 1º de diciembre de 1969 entró en vigor la parte 36 del FAR (Federal Air Regulation), el cual reglamenta las normas del ruido producido por los aviones comerciales de transporte subsónico. En ese entonces al darse a conocer tal disposición, se dejaron exentos de acatarla para todos los aviones anteriores al Boeing 747. -- Aunque posteriormente, en 1974 quedaron también incluidos -- los modelos anteriores al 747.

Al establecer la FAA (Agencia Federal de Aviación) la parte 36 del FAR aclaró que los niveles de ruido prescritos, se reducirían aún más, conforme la tecnología lo fuera permitiendo. Habiéndose propuesto como objetivo y con un costo económicamente aceptable y para una fecha futura un umbral de ruido percibido efectivo de 80 db.

Para certificar los niveles de ruido emitido se indicaron los puntos siguientes:

I.- Planning and design of airports pág. 92 Editorial

Mc. Graw Hill New York 1980.

- "En el despegue, a 6.5 Km. del comienzo del recorrido de despegue y a lo largo del eje de la pista
- II En la aproximación a la pista, a 1.8 Km del umbral según la línea de eje de la pista.
- III En la línea lateral paralela al eje de la pista, a 0.5 Km. para aviones con menos de 3 motores y a 0.6 Km. para aviones con 4 o más motores.

Los niveles de ruido prescritos son los siguientes:

- 1.- Para aproximaciones a la pista y zonas laterales 108 db. de ruido percibido efectivo (RPE) para pesos máximos de despegue de 272,000 Kg. o más; 106 db. del RPE para la mitad del peso de 272,000 Kg. bajando hasta 102 db. RPE para pesos máximos de 34,000 Kg. o menos.
- 2.- Para despegue, 108 db. de RPE para pesos máximos de 272,000 Kg. o más; 103 db de RPE para la mitad del peso de 272,000 Kg. hasta bajar a 93 db RPE para pesos máximos de 34,000 kg. y por debajo de este peso".

"Las fórmulas de cálculo del ruido percibido efectivo para las aproximaciones a la pista, zonas laterales y despegues son":

"Aproximación y zona lateral:

$$RPE = 102 + \frac{\log W - \log 34}{0.2 \log 2} \text{ en db}$$



$$\text{Despegue:} \quad \text{RPE} = 93 + \frac{\log W - \log 34}{0.2 \log 2} \text{ en db}$$

En las que  $W$  = peso máximo de despegue en miles de Kg.

Estos niveles de ruido prescritos son los correspondientes al nivel del mar, a una temperatura de 25° C, al 70 %/100 de humedad relativa y con viento nulo en la pista.

B.- Otro enfoque consiste en determinar los espacios y contornos de propagación del ruido. Para tal efecto se han ideado diferentes métodos de estudio, como se verá más adelante. Sin embargo aún falta camino por recorrer para llegar al conocimiento pleno del problema.

c.- Valorar cuáles son los límites de resistencia humana al ruido, para llegar a determinar hasta qué punto se debe permitir la exposición del hombre a tales extremos.

Al respecto debe aclararse que existen muy diferentes límites, debido a las distintas condiciones y circunstancias que pueden concurrir en un caso dado, además de que cada persona tiene su límite de tolerancia al ruido.

Colateralmente se tienen diferentes situaciones, para cada una de las cuales debe establecerse el límite; ellas son:

- a) Nivel de tolerancia al ruido, cuando la exposición es por breve tiempo.
- b) Nivel de ruido que no dañe al hombre para toda su vida.
- c) Nivel que permita el sueño y descanso tranquilos.
- d) Nivel de ruido que permita la conversación.

El ruido en la aeronáutica afecta a muy diferentes grupos de personas, como son tripulación, pasajeros, personal de tierra; además de las personas que viven alrededor del aeropuerto o bajo las trayectorias de aproximación y despegue. Para cada grupo de personas existe un diferente nivel de tolerancia; el problema es llegar a obtener una sola evaluación del nivel crítico, considerando todos los diferentes grupos. Más aún, para poder fijar un nivel de ruido tolerable, debe entenderse que existen receptores de muy diversa índole. Una misma intensidad afecta de manera muy distinta a la estructura de un avión, que a la estructura del hangar o que al hombre. Por tal motivo se considera al receptor -- más sensible como norma para fijar el nivel máximo tolerable.

D.- Otro enfoque hacia la solución es buscar el abatir o al menos desviar el ruido emitido.

La reducción del nivel de ruido se puede conseguir básicamente disminuyendo la potencia sonora mediante la atenuación o el desvío del sonido, utilizando para ello pantallas, silenciadores o dispositivos de protección personal.

Además, existe el recurso de realizar modificaciones en el diseño de las aeronaves o bien arreglos en las zonas de despegue o aterrizaje además de cambios en los patrones de aproximación y despegue. Estos últimos cambios, deben preverse desde la estructuración inicial del plan maestro.

#### 6.6. LAS FUENTES DE RUIDO EN MOVIMIENTO.

El estudio relativo a las fuentes de ruido, nos lleva a conceptos como los siguientes;

El efecto que produce el sonido radiado por una fuente en movimiento a diferencia del producido por un emisor en reposo tiene dos aspectos.

En primer lugar, la potencia radiada del sonido aumenta con la velocidad, más aún hacia la parte frontal y disminuye por la parte posterior.

En segundo lugar para un observador estático, la frecuencia de los sonidos que provengan de una fuente que se acerque, aumenta y la de los sonidos emitidos por una fuente que se aleje de él disminuye, debido al llamado efecto Doppler.

#### 6.7. ESTUDIOS RELATIVOS AL RUIDO, BREVE RESEÑA HISTORICA.

El realizar un estudio del ruido producido en un aeropuerto, resulta fundamental, tanto en el caso de una posible ampliación, como en la planeación de la construcción de uno nuevo.

Por tal motivo son muchos los intentos que se han realizado en el mundo por llegar a desarrollar un método que describa y valore el problema del ruido; para poder llegar finalmente a encontrarse solución.

Fue en la década de los 60s cuando se conocieron las primeras ponencias relativas a estudios realizados sobre el ruido; precisamente en el año de 1962 ante el II Congreso Internacional de lucha contra el ruido, un científico norteamericano presentó un trabajo titulado "Equivalent Drytime Disturbance Number" el cual causó impacto en los concurrentes.

Posteriormente en los años 70s surgieron diferentes métodos como el HNI (Noise and Number Index) el cual se utilizó

zó mucho en Inglaterra. En Francia crearon el llamado Índice R de la C.B.M.A.S. (Comission ou Bruit du Ministère des Affaires Sociales). Estos dos procedimientos son similares al CNR norteamericano; los tres están basados en el concepto de ruido percibido, evaluado a partir de condiciones subjetivas humanas y corregido al ponderar con el valor del movimiento propio del aeropuerto en consideración.

Al final de la década de los 70s en los E.U. y en México, se utilizaron y aún se emplean métodos más refinados como:

EL NEF Noise exposure forecast - Predicción de exposición al ruido.

LDN Day night average sound level - Nivel de ruidos diurnos y nocturnos.

ADEMÁS DEL MÉTODO CNR (Composite noise rating. Composición del factor de ruido).

En México los primeros estudios relativos al ruido se realizaron el año de 1966 en la Dirección General de Aeropuertos y el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. inició investigaciones sobre ruido el año de 1977.

En la actualidad además del propio Instituto, la Dirección Gral. de Aeropuertos realiza estudios utilizando básicamente los métodos NEF y LDN. Igualmente la Dirección General de Aeronáutica Civil utiliza el NEF. En el sector privado, existen algunas empresas que realizan estudios relativos al ruido y proporcionan asesoría al respecto.

Una relación de algunos de los métodos utilizados para evaluar los efectos del ruido se ofrece a continuación:

- 1.- Composite Noise Rating (CNR) de Estados Unidos.
- 2.- Noise Exposure Forecast (NEF) de Estados Unidos.
- 3.- Noise and Number Index (NNI) de Gran Bretaña.
- 4.- Indice R. Francia.
- 5.- Indice de perturbación  $\bar{Q}$  Alemania.
- 6.- Equivalent Drytime Disturbance Number (EDDN), Inter  
nacional.
- 7.- Annoyance Index (AI) Australia.
- 8.- Nivel "F" de Estados Unidos.
- 9.- Nivel "E" de Estados Unidos.
- 10.- Day Night Average Sound Level (LDN) de Estados Uni-  
dos.

Algo muy importante que debe proporcionar cualquier método que se emplee para analizar la problemática actual del ruido aeroportuario, es producir seguridad en los resultados, al extrapolar hacia el futuro.

### 6.3 DESARROLLO DE MODELOS

Previo a la aplicación de método alguno, debe precisarse que para realizar los estudios conducentes para conocer el impacto que causa el ruido en una comunidad su propio aeropuerto y con el objeto de lograr a final de cuentas un uso más racional de la tierra; es necesario establecer un modelo que tome en cuenta todos los parámetros que involucren las características propias del fenómeno.

Por consiguiente es necesario determinar primeramente cuáles son esos parámetros. Dichos valores característicos son consecuencia directa del problema del ruido físico, además del efecto psicofísico del mismo en las personas.

Mediante los estudios realizados, se ha llegado a establecer que el ruido producido por las aeronaves, depende de tres elementos básicos:

- 1º El tipo de motor de las aeronaves
- 2º El modo de operación
- 3º La distancia que separa la nave del observador, --  
escucha.

Para tener en consideración los elementos psicofísicos, debe establecerse como punto de partida el concepto de "ruidosidad percibida", el cual debe fijarse apoyándose en una muestra estadística, integrada por personas de núcleos de población semejantes; no olvidando además los detalles de idiosincrasia, como pueden ser los propios del mexicano.

Un método muy utilizado en México, es el NEF, con el cual se llega al punto de trazar curvas de nivel de ruido cerradas, las cuales mediante una serie de elementos preestablecidos, permiten conocer de qué manera operan las aeronaves y por tanto, la forma en que es percibido el ruido producido bajo las condiciones propias de una ciudad como la nuestra.

Las condiciones de operación del aeropuerto de México, deben ser muy claramente entendidas, dado que su altitud de 2240 m sobre el nivel del mar, obliga a realizar un mayor esfuerzo por parte de las aeronaves para realizar sus operaciones, dado el enrarecimiento del aire; igualmente los patrones o perfiles de despegue, así como los de aterrizaje, deben ser modificados para tomar en cuenta estas condiciones.

Otro hecho que debe tomarse en cuenta, es que la velocidad de propagación del sonido en condiciones atmosféricas enrarecidas, es muy diferente de lo que ocurre al nivel del mar: por lo que la interacción del aire con el avión y por tanto la propagación del ruido al salir de la turbina, produce efectos totalmente diferentes.

Un conjunto de datos que deben conocerse para llegar a establecer el modelo es el siguiente:

- 1.- Localización geográfica de los sitios propuestos.
- 2.- Predicción del movimiento, debido al tipo de pista.
- 3.- Suposición del tipo de aviones que va a operar.

En lo concerniente al tipo de aeronaves que se supone van a operar, debe hacerse ver que éstas son cada vez menos ruidosas, debido a la mejor tecnología empleada y por las exigencias establecidas en los reglamentos internacionales.

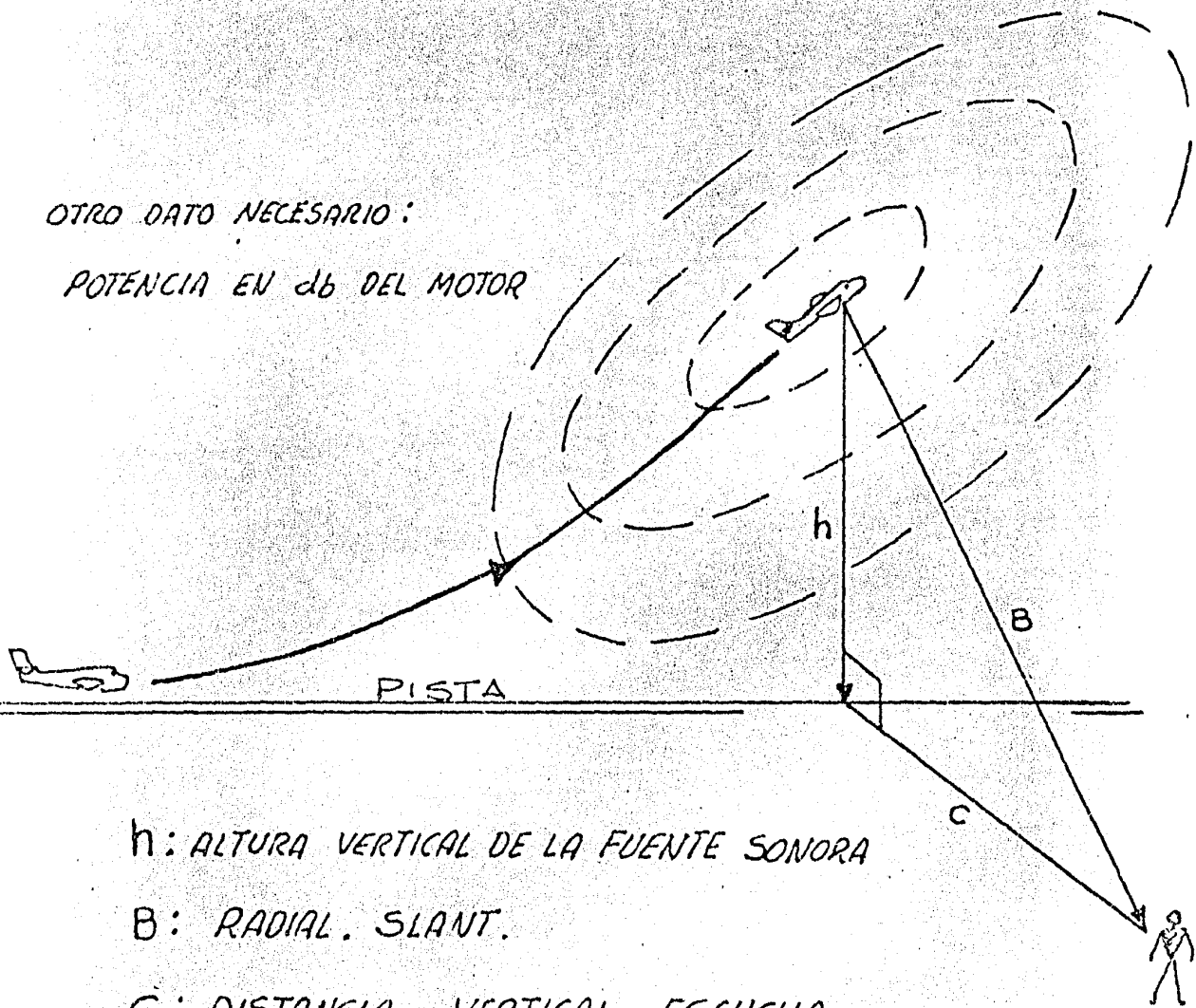
Además el modelo debe considerar las características de la población y por consiguiente el impacto que pueda causar el ruido en ella. Esto significa que las fuentes de ruido que deben ser tomadas en cuenta además de las aeronaves, son las de la transportación terrestre que llegue a generar el propio aeropuerto.

## 6.9 NIVEL DE RUIDO PERCIBIDO.

De manera experimental, se ha llegado a establecer una -

# POTENCIA SONORA RADIADA Y ESCUCHADA

OTRO DATO NECESARIO:  
 POTENCIA EN db DEL MOTOR



$h$ : ALTURA VERTICAL DE LA FUENTE SONORA

$B$ : RADIAL. SLANT.

$C$ : DISTANCIA VERTICAL - ESCUCHA

fig 6.1



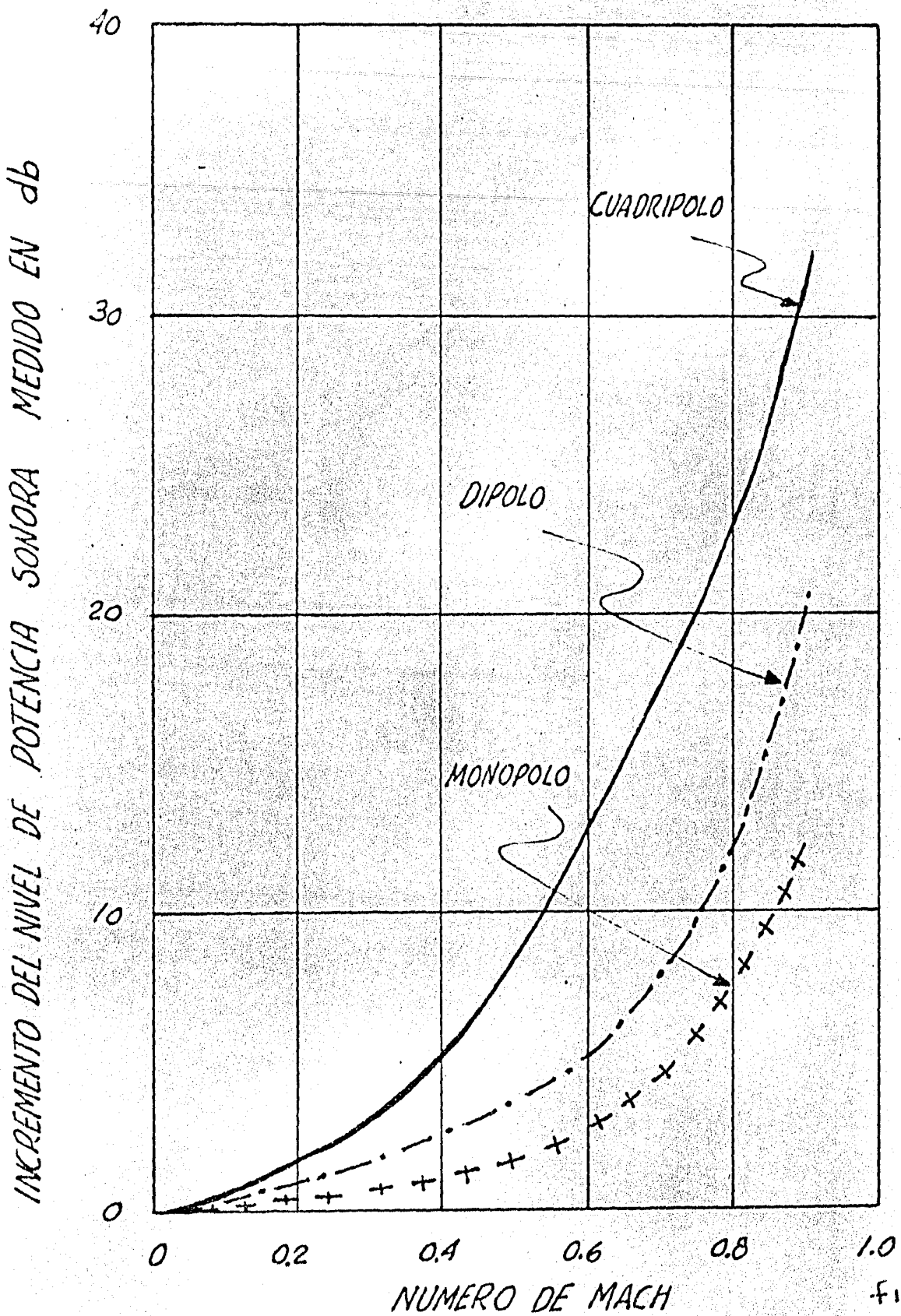
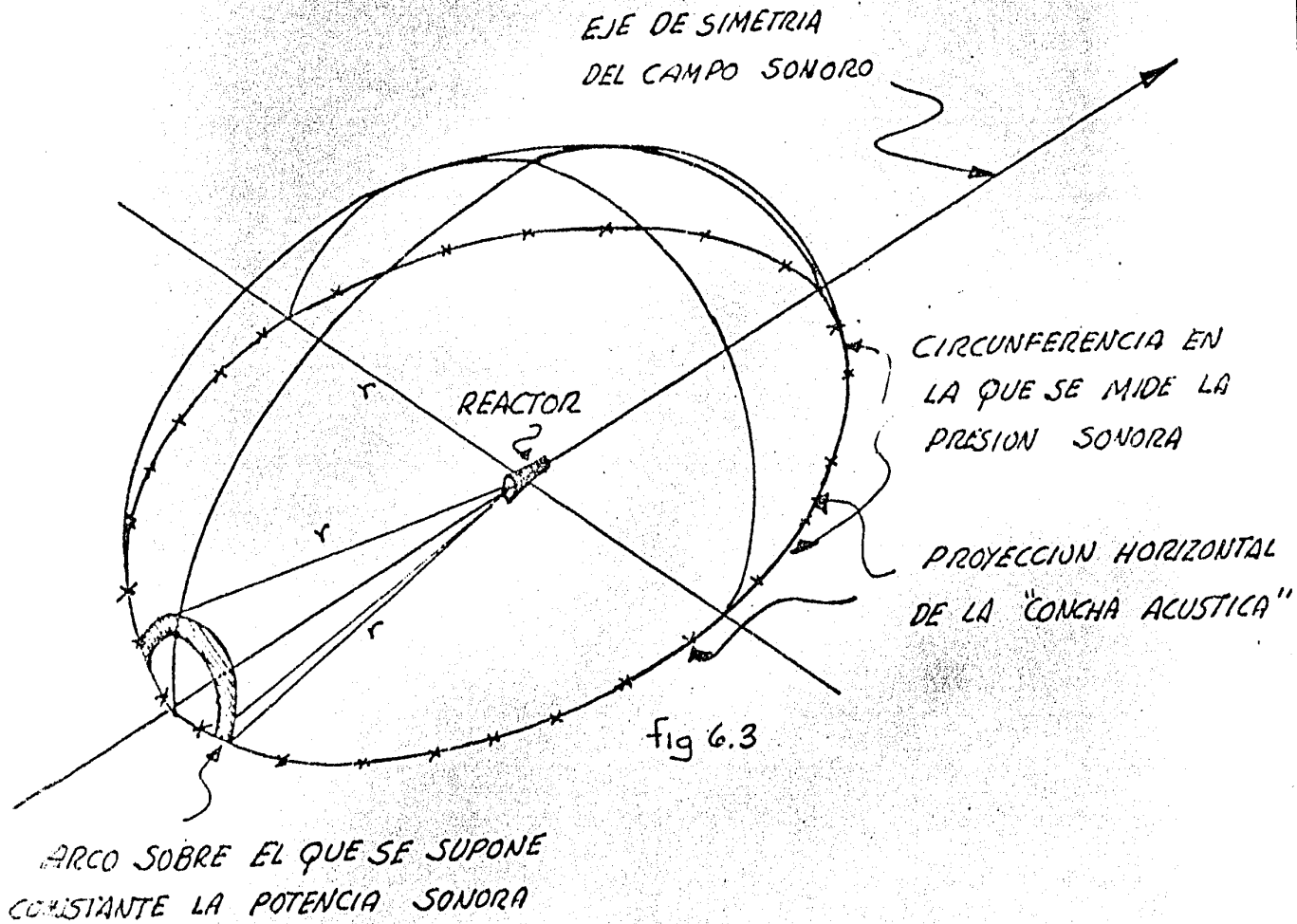


Fig 6.2

INCREMENTO DE LA POTENCIA ACUSTICA TOTAL EMITIDA  
 POR VARIAS FUENTES SONORAS EN MOVIMIENTO UNIFORME

FUENTE: HANDBOOK OF NOISE CONTROL, CYRIL M. HARRIS, MC. GRAW HILL p.1221

SUPERFICIE SEMIESFERICA EMPLEADA PARA EL  
CALCULO DE LA POTENCIA ACUSTICA EMITIDA  
POR UNA FUENTE DE RUIDO



FUENTE: HANDBOOK OF NOISE CONTROL, CYRILL M. HARRIS  
MC. GRAW HILL NY PAG 1224

función que permite valorar el nivel de ruido percibido. Dicha función es la siguiente:

$$\text{NRP} = 40 + 33.3 \log ( S_i - S_m ) ( 0.3 ) + S_m$$

donde:

NRP = nivel de ruido percibido

$S_i$  = sonoridad en cada banda de octava

$S_m$  = sonoridad máxima.

Sin embargo se hace necesario afinar más tal concepto, al tenerse en consideración el tiempo durante el cual se expone una persona a niveles excesivos de ruido. Esto nos lleva al concepto de nivel de ruido percibido efectivo, el cual se determina mediante la siguiente expresión:

$$(\text{NRP})_e = \text{NRP} + D + F$$

donde:

NRP = nivel de ruido percibido

$D = 10 \log t/15$

$t$  = tiempo en el que el NRP está dentro de 10 db máximo.  $t$  en segundos.

$F$  = corrección por componentes de frecuencia discreta para cada tipo de avión.

Tal valoración del nivel de ruido percibido, se realiza considerando la presencia de una persona que escucha en la situación que ilustra la figura 6.1

#### 6.10 METODO NEF. NOISE EXPOSURE FORECAST (PREDICCIÓN DE EXPOSICIÓN AL RUIDO)

Consiste éste método en determinar el número y el tipo de operaciones aeroportuarias de proyecto; pero que de acuerdo con las mediciones espectrales de ruido de las aeronaves que se prevea utilizarán el aeropuerto; se pueda ejecutar para llegar a determinar las coordenadas de los puntos de las curvas de igual intensidad de ruido proyectados en el plano-

# METODO NEF (PREDICCIÓN DE EXPOSICIÓN AL RUIDO)

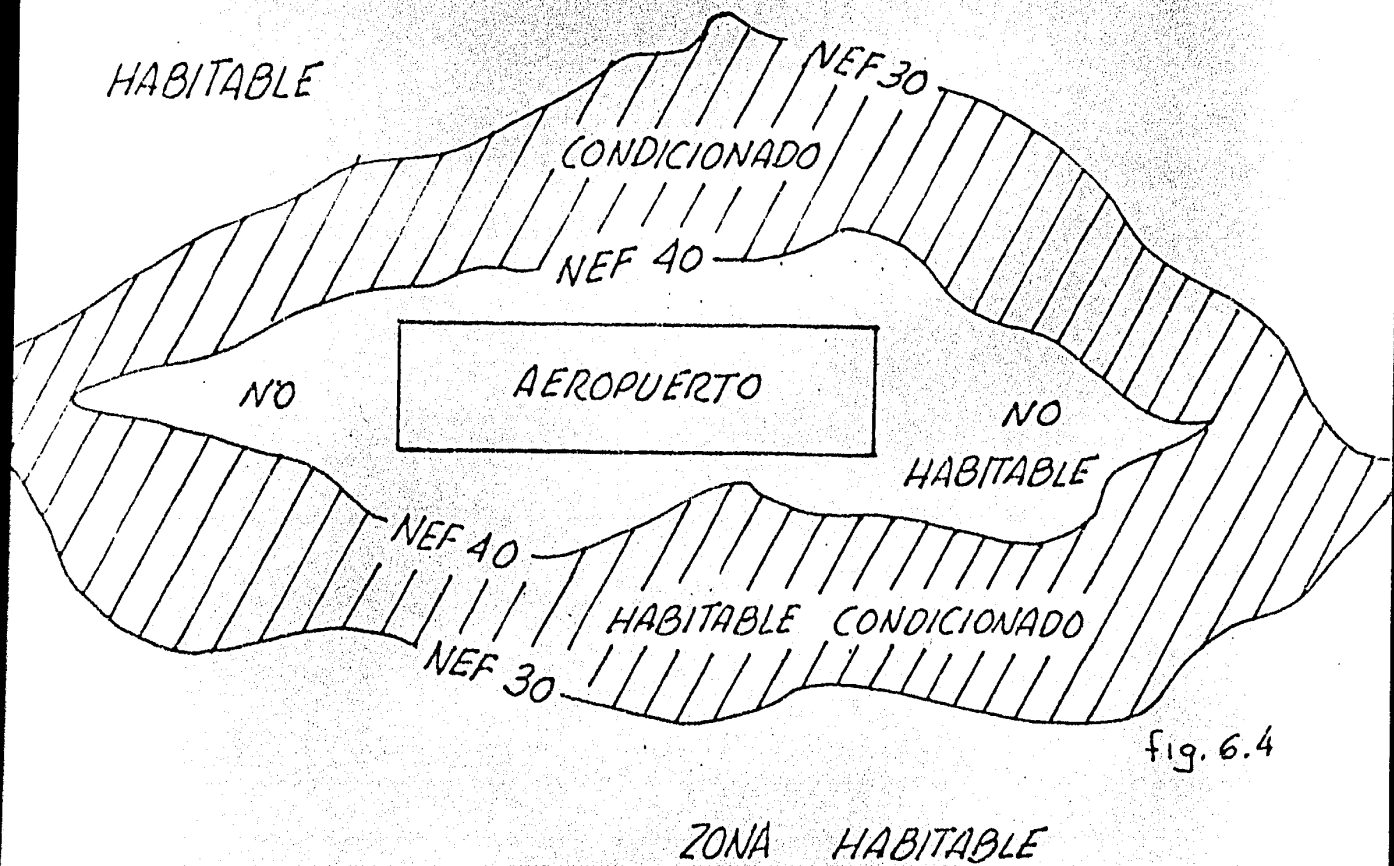


fig. 6.4

EQUIVALENCIAS:

30 NEF  $\approx$  65 db

40 NEF  $\approx$  75 db

horizontal.

Las curvas trazadas delimitan tres zonas. La zona central que corresponde a un alto nivel de ruido, ahí se descarta absolutamente la posibilidad de habitación. Una zona intermedia, en la cual se deben tomar providencias contra el ruido, ésta zona tiene su uso condicionado como para áreas verdes o de cultivo, aquí se aceptan construcciones, pero no habitaciones. La tercera zona, exterior es aquella donde el ruido aeroportuario prácticamente ya no ejerce influencia sobre las personas que la habitan.

Dichas curvas limítrofes, en éste método reciben la denominación de curvas "30" y "40" NEF; éstas equivalen aproximadamente a las curvas de 65 y 75 db. respectivamente y se determinan para cada pista de manera independiente.

Otras consideraciones previas necesarias, son en el sentido de que al igual que para utilizar otros métodos internacionalmente, se considera dividido el tiempo correspondiente a un día completo, dividido en dos jornadas. El turno diurno considerado de las 07 a las 22 hrs. y el turno nocturno de las 22 a las 07 hrs.

Por otra parte también es aceptado internacionalmente, que una operación nocturna equivale a 10 operaciones diurnas. En base a lo anterior se procede a calcular el número total de operaciones diarias.

Con los cálculos de los puntos anteriores realizados y junto con los del nivel de ruido percibido efectivo, se procede a la utilización de las fórmulas siguientes, para determinar los valores NEF

$$NEF_D (i, j) = NRP_e (i) + \frac{10 \log n_D (i, j)}{K_D} - C$$

En donde:

$NEF_D (i j)$  Es el valor NEF en el turno diurno para la aeronave  $i$  en la pista  $j$

$NRP_e (i)$  Es el nivel de ruido percibido, producido por la aeronave de tipo  $i$

$$n_D (i j) = \frac{N_D (i) P(ij)}{100}$$

$N_D (i)$  Es el número de operaciones, despegues o aterrizajes durante el turno de 07 a 22h por día activo de la aeronave tipo  $i$  en todo el aeropuerto

$P (ij)$  Es el porcentaje de uso de la pista  $j$  por el avión de tipo  $i$

$$K_D = 20$$

$$C = 75$$

Para el turno 22 - 07 hrs., se utiliza una ecuación similar.

Y considerando ahora ambos turnos, se tiene para la pista  $j$ .

$$NEF_j = 10 \log \text{ Antilog } \frac{NEF_j}{10}$$

#### TRAZO DE LAS CURVAS 30 y 40 NEF

Las curvas de igual nivel de ruido se determinan mediante el siguiente algoritmo.

a) Clasificación de las diversas aeronaves a utilizarse en el aeropuerto, de acuerdo a los espectros de ruido, producido por los diferentes tipos de motores.

b) Determinación del perfil crítico para cada pista, basado en las características de potencia de cada motor.

c) Considerando cada uno de los tipos de motores que se utiliz

cen y determinando los valores del ruido percibido efectivo, se deben calcular los valores NEF en función del número de operaciones en cada turno. En la práctica se ha encontrado que entre las 21 y las 07 hrs, se llega a los valores críticos. A continuación con base en el tipo de pista y para cada operación, debe trazarse la curva de los valores NEF contra distancias a lo largo del eje de la pista y a partir de la cabecera de ella.

d) Finalmente de acuerdo con éstas tres curvas, se calcula el perfil crítico de las curvas NEF contra distancia sesgada.

Las curvas buscadas son aquellas que se obtienen al unir los valores NEF 30 y 40 aceptados de una manera convencional. Aquí la computación resuelve el cálculo proporcionando las coordenadas x,y de puntos que al ser unidos determinan las curvas buscadas.

#### 6.11 METODO DAY NIGTH AVERAGE SOUND LEVEL (LDN)

Este es un método más refinado en su concepción. Permite definir un contorno alrededor del aeropuerto, considerando todas las exposiciones de ruido, en un período específico de tiempo. Dicho contorno constituido por cuatro curvas que definen 5 regiones, correspondientes a los 65, 70, 75 y 80 db

LDN requiere de mucha información, al involucrar toda una serie de factores y variables, que no toman en cuenta otros métodos. Utiliza los valores de Sonido Expuesto SEL (Sound Exposure Level); Además hace una corrección a las operaciones que ocurren en el período nocturno.

Los datos necesarios pueden ser agrupados en bloques, los cuales están constituidos de la manera siguiente:

BLOQUE I Temperatura promedio anual

Altitud

Trayectorias de aterrizaje y despegue

BLOQUE II Tipo de avión motor potencia características  
 (por ejemplo) del motor del perfil de  
 salida  
 B727 200  
 DC 9  
 B 747

BLOQUE III Perfiles de aproximación

0	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	
0	620	1500	1500	(altura en pies)
	Aletas de maniobra			
	Aletas de aterrizaje			

BLOQUE IV MEZCLA DE AVIONES

Tipo de avión por ej.	Trayectoria utilizada	Perfil utilizado	Llegadas m t n
1	1		1 20 0.5
5			
3			

Salidas - Destino

0 - 500 m.n.  
 500 - 1000 m.n.  
 1000 - 1500 m.n.

El programa LDN toma en cuenta además, los siguientes --  
 parámetros:

- a) La dirección dominante del viento, la cual fija el porcentaje de utilización tanto de pista como de trayectoria.
- b) Procedimientos de operaciones que determinan los perfiles de patrones de vuelo.
- c) Número de operaciones durante los períodos diurno y nocturno.

Toda ésta información se transcribe a la codificación -



# METODO LDN (DAY NIGHT, AVERAGE SOUND LEVEL)

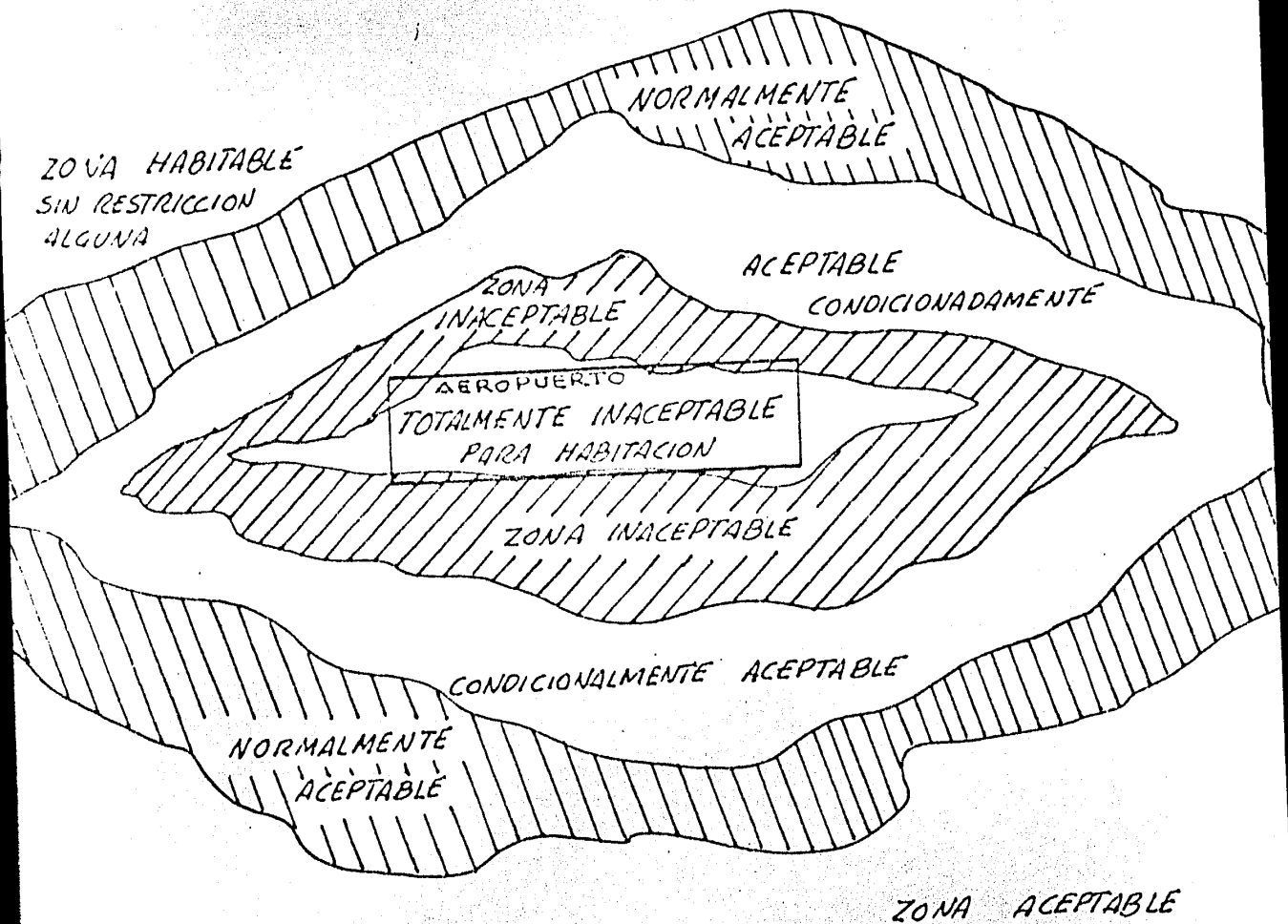
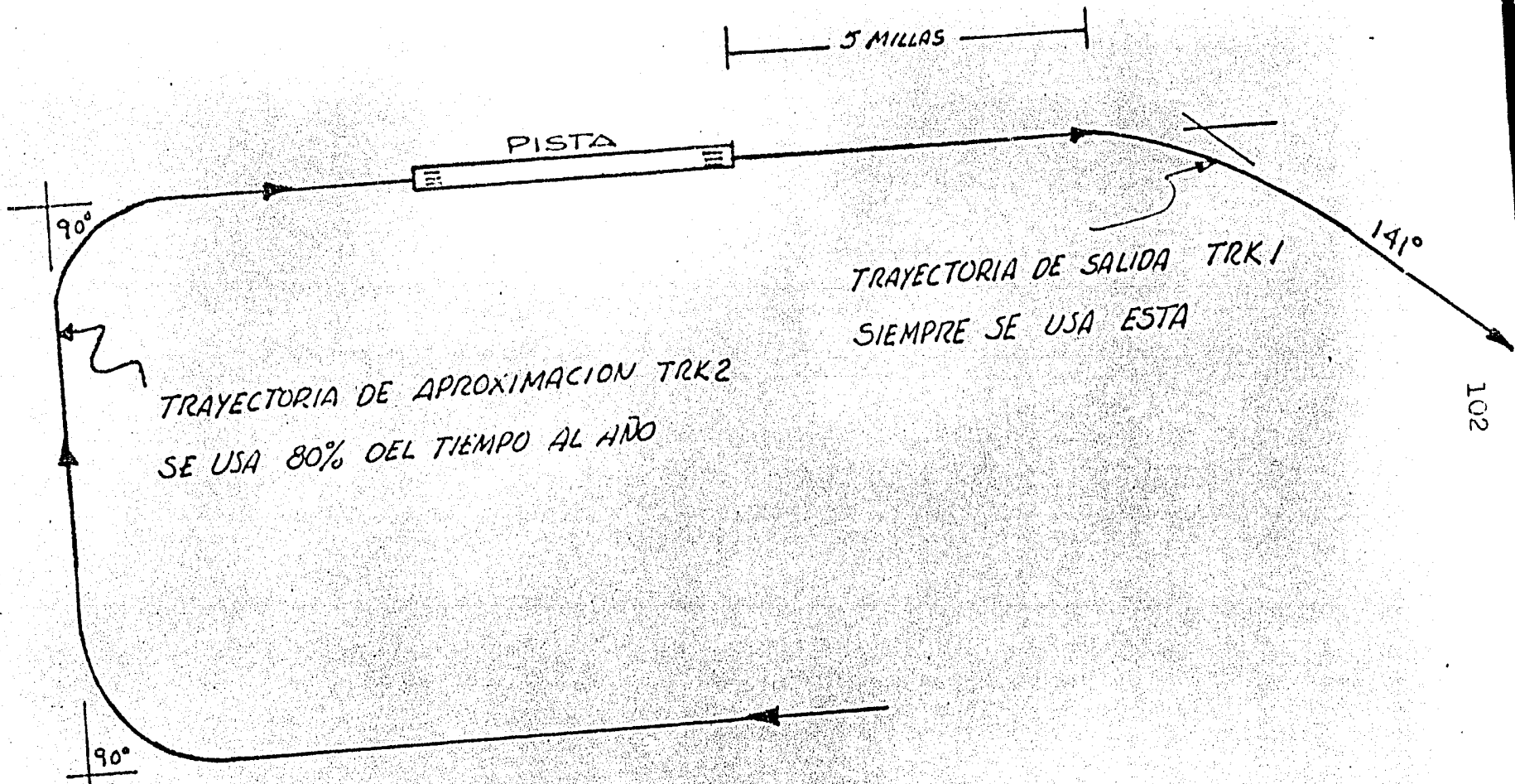


Fig 6.5



Ej. FRECUENCIA DE USO DE TRAYECTORIAS  
DEL BLOQUE I DE DATOS . METODO LDN

Fig 6.6

## CRITERIOS LDN PARA EL USO DEL TERRENO CIRCUNDANTE

VALOR LDN en db

USO DEL SUELO	NORMALMENTE ACEPTABLE	CONDICIONAL. ACEPTABLE	NORMALMENTE CLARAMENTE INACEPTABLE	CLARAMENTE INACEPTA.
Residencial de baja densidad, casas sencillas duplex, remolques	50 - 60	55 - 70	70 - 75	- 75
Residencial de alta densidad, conjuntos hab.	50 - 65	60 - 70	70 - 75	- 75
Casas de huésped. moteles, hoteles	50 - 65	60 - 70	70 - 80	- 80
Escuelas bibliot. iglesias, hospit. orfelinatos.	50 - 70	60 - 70	70 - 80	- 80
Auditorios, salas de conciertos, anfiteatros.	- 50	50 - 70	65 - 75	- 80
Instalaciones depor- tivas cerradas o al aire libre	- 50	50 - 75	70 - 85	- 85
Areas de juegos infantiles, parques públicos	50 - 70	65 - 75	70 - 85	- 85
Campos de golf, equitación, albercas cementerios	50 - 70	65 - 75	70 - 80	- 80
Edificios de ofici- nas públicas, despa- chos, comercios.	50 - 70	65 - 75	75 - 85	- 85
Industrias, cías. manufactureras, agricultura.	50 - 75	70 - 80	75 - 80	- 85

NORMALMENTE  
ACEPTABLE

El uso específico del terreno es satisfacto-  
rio, basado en el supuesto de que cualquier --

edificio esté construido dentro de lo convencional, sin ningún requerimiento especial de -- instalación contra ruido.

#### CONDICIONALMENTE

ACEPTABLE Las nuevas construcciones o el desarrollo urbano podrá iniciarse después de un análisis detallado de los requerimientos de reducción del ruido e incluir en el diseño las instalaciones necesarias para la eliminación del ruido. Normalmente bastará la construcción convencional, pero con ventanas cerradas y sistemas de suministro de aire fresco o de aire acondicionado.

#### NORMALMENTE

INACEPTABLE Deben impedirse nuevas construcciones o detener el desarrollo urbano. Si esto no es posible, debe hacerse un detallado análisis sobre los requerimientos de reducción de ruido, y -- los diseños de construcción deben incluir características de aislamiento contra ruido.

#### CLARAMENTE

INACEPTABLE No deben emprenderse nuevas construcciones o realizar desarrollo urbano alguno.

de un programa de cómputo, como el Modelo de Ruido Integrado, que ha desarrollado la AFA (Administración Federal de Aviación).

Los resultados que se obtengan, mostrarán la situación actual o futura, dependiendo de la información proporcionada. Precisando las coordenadas de puntos pertenecientes a las diferentes curvas de ruido buscadas, además de las áreas integrales, determinadas por cada una de las curvas.

#### 6.12 EJEMPLO DE APLICACION DEL METODO LDN

Con el objeto de evaluar el impacto que esté produciendo el ruido en una zona aeroportuaria, o con el objeto de realizar una planeación de obra en el mismo campo, se realizan los estudios de ruido. Los resultados se manifiestan señalando las áreas expuestas para cada uno de los niveles predeterminados.

El siguiente es un ejemplo de aplicación del método LDN realizado para el aeropuerto de Guadalajara Jal.

El aeropuerto Internacional de Guadalajara "Miguel Hidalgo", está ubicado a 17 km de la ciudad. Su principal vía de acceso es la carretera Guadalajara - Chapala.

Cuenta para su operación aérea con dos pistas; una principal con orientación 10 - 28, que tiene una longitud de 4,000 m y 60 m de ancho, con carpeta de concreto asfáltico; y una pista secundaria 02 - 20. Dado que los aviones de turbina de itinerario fijo, utilizan solamente la pista 10 - 28, en éste ejemplo se considerarán únicamente las orientaciones en ésta pista.

A continuación las tablas con la información que se requiere.

## AEROPUERTO DE GUADALAJARA JAL.

DISTRIBUCION DE LAS OPERACIONES AEREAS POR GRUPOS DE AVIONES  
ACTUAL

LLEGADAS	TIPO DE AVION	TOTAL	
	B 707	B 727	
	DC 8	DC 9	
	CV 990	B 737	
		BAC 111	
DIA	1.0	41.7	42.7
NOCHE	-	4.7	4.7
SUMA	1.0	46.4	47.4
		TOTAL DE LLEGADAS	47.4

## SALIDAS

0 - 500 m.n. ( Destino)

DIA	-	31.4	31.4
NOCHE	-	3.0	3.0
SUMA	-	34.4	34.4

500 - 1000 m.n.

DIA	-	6.0	6.0
NOCHE	-	-	-
SUMA	-	6.0	6.0

1000 - 1500 m.n.

DIA	1.0	3.0	4.0
NOCHE	-	2.0	2.0
SUMA	1.0	5.0	6.0

1500 - 2000 m.n.

DIA	-	-	-
NOCHE	-	1.0	1.0
SUMA	-	1.0	1.0

TOTAL DE SALIDAS 47.4

TOTAL DE OPERACIONES DIARIAS 94.8

## AEROPUERTO DE GUADALAJARA JAL.

DISTRIBUCION DE LAS OPERACIONES AEREAS POR GRUPOS DE AVIONES  
AÑO 2000

LLEGADAS	TIPO DE AVION			TOTAL
	B 747	B 727	DC 9-50	
	DC 10	DC 9	DC 9-80	
	L 1011	B 737		
		BAC 111		
DIA	5.7	104.1	38.5	148.3
NOCHE	0.2	14.5	6.0	20.7
SUMA	5.9	118.6	44.5	169.0
		TOTAL DE	LLEGADAS	169.0

## SALIDAS

## 0 500 m.n. (Destino)

DIA	1.6	65.3	40.5	107.4
NOCHE	-	9.1	4.0	13.1
SUMA	1.6	74.4	44.5	120.5

## 500 - 1000 m.n.

DIA	2.3	17.4	-	19.7
NOCHE	1.0	-	-	1.0
SUMA	3.3	17.4	-	20.7

## 1000 - 1500 m.n.

DIA	1.0	13.3	-	13.3
NOCHE	1.0	9.1	-	10.1
SUMA	1.0	22.4	-	23.4

## 1500 - 2000 m.n.

DIA	-	-	-	-
NOCHE	-	4.4	-	4.4
SUMA	-	4.4	-	4.4

TOTAL DE SALIDAS: 169.0

TOTAL DE OPERACIONES DIARIAS 338.0

TOTAL DE OPERACIONES ANUALES 122,341.0

En cuanto a la distribución de operaciones en -- aproximación por trayectoria (TRK), el porcentaje de uso de cabeceras, así como el número de perfil característico de aproximación por trayectoria además de otros datos se presentan en los siguientes cuadros.

AEROPUERTO DE GUADALAJARA JAL.  
PISTA 10-28

FACTORES DE DISTRIBUCION DE OPERACIONES DE APROXIMACION POR TRAYECTORIA.

CABECERA	TRK	PISTA	DIRECCION	SENTIDO	FACTOR	PERFIL
10	1	1/2	0.50	0.20	0.05	301
	2	1/2	0.50	0.20	0.05	302
28	3	1/3	0.33	0.80	0.088	303
	4	1/3	0.33	0.80	0.088	303
	5	1/3	0.33	0.80	0.088	303

FACTORES DE DISTRIBUCION DE OPERACIONES DE SALIDA POR -- TRAYECTORIA

CABECERA	TRK	PISTA	DIRECCION	SENTIDO	FACTOR
10	6	1/1	1.0	0.20	0.20
28	7	1/5	0.20	0.30	0.032
	8	1/5	0.20	0.80	0.032
	9	1/5	0.20	0.30	0.032
	10	1/5	0.20	0.80	0.032
	11	1/5	0.20	0.80	0.032

Los porcentajes de utilización de las cabeceras son los siguientes:

- a) El 80% del total de operaciones se efectúa por la cabecera 28
- b) El 20% restante por la cabecera 10



# AEROPUERTO "MIGUEL HIDALGO", GUADALAJARA JAL.

## PERFIL 301 DE APROXIMACION

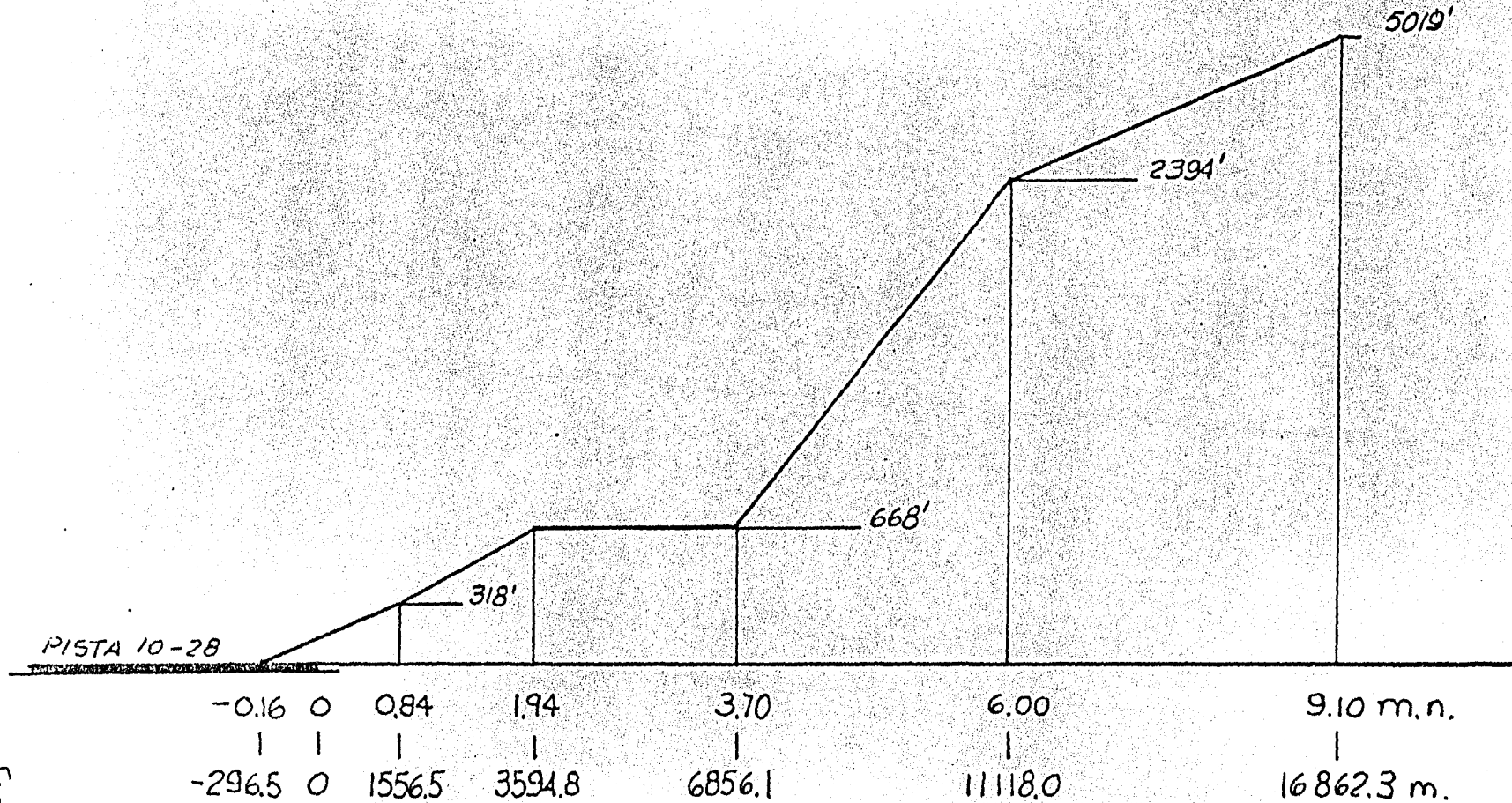


Fig 6.7

# AEROPUERTO "MIGUEL HIDALGO", GUADALAJARA JAL.

## PERFIL 302 DE APROXIMACION

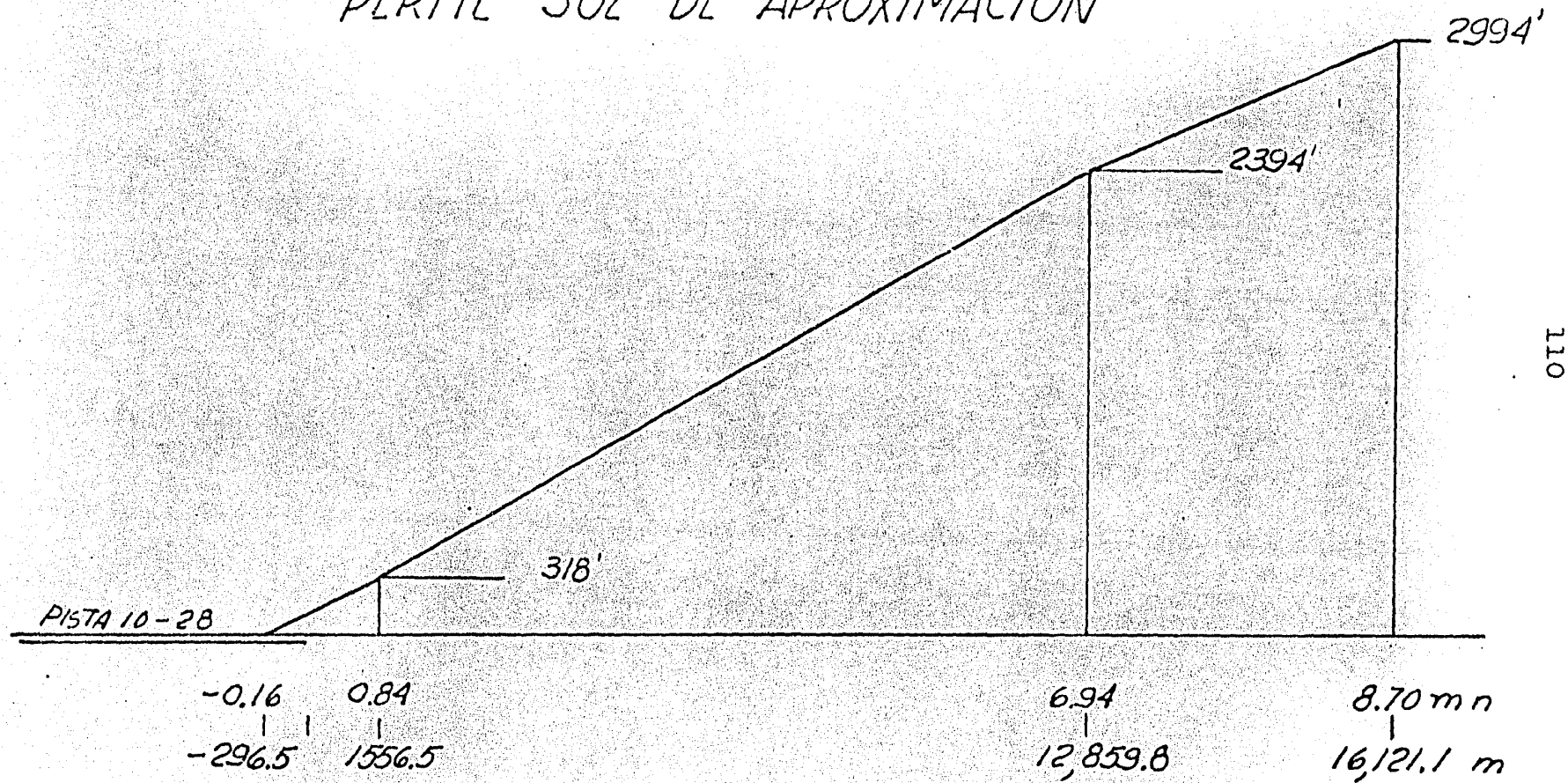


fig 6.8

# AEROPUERTO DE GUADALAJARA JAL.

## PERFIL 303 DE APROXIMACION

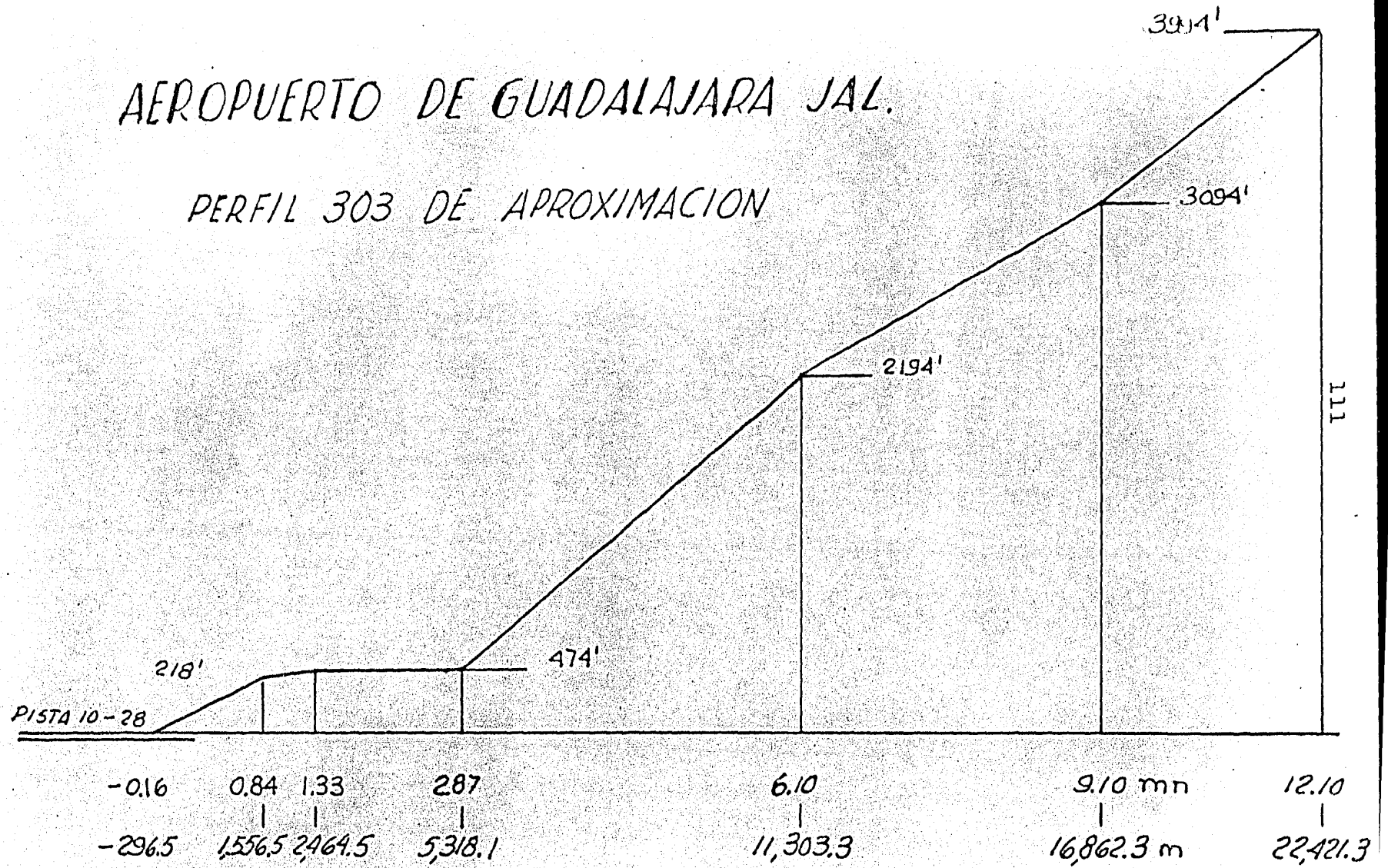


Fig 6.9

Inicialmente, tomando como base los itinerarios proporcionados por la Comandancia del Aeropuerto, se procede a calcular el promedio de vuelos diarios y a su clasificación por grupos de aviones, tanto para la situación actual como para la estimación del año 2000.

De la tabla de Factores de Distribución de Operaciones, puede decirse lo siguiente:

Los porcentajes de Dirección, indican la posibilidad de selección de las trayectorias.

El sentido se refiere al porcentaje de uso de cada cabecera, de acuerdo a la dirección de los vientos.

El Factor es el obtenido del producto:

$(\% \text{ de uso de pista})(\% \text{ de selección de dirección})(\% \text{ asignación de sentido})$

El No. de Perfil es el asignado por los estudios de procedimientos de aterrizaje. Precisamente el bloque III de información necesaria, se refiere a los perfiles de aproximación utilizados por las aeronaves en sus trayectorias; En Guadalajara se opera con los perfiles 301, 302 y 303

Además de todo lo anterior, se requiere conocer la distribución de operaciones actuales y a futuro, para aproximación y para salida por trayectoria. En los cuadros siguientes aparece tal información.

DISTRIBUCION DE OPERACIONES POR TRAYECTORIA ACTUAL

TRAYECTORIA No.	LLEGADAS	SALIDAS
1	30.0	
2	5.0	
3	5.2	
4	3.6	
5	3.6	
6		10.2
7		5.6

TRAYECTORIA No	LLEGADAS	SALIDAS
8		9.6
9		1.1
10		3.0
11		17.9

## DISTRIBUCION DE OPERACIONES POR TRAYECTORIA AÑO 2000

TRAYECTORIA No.	LLEGADAS	SALIDAS
1	113.0	
2	16.0	
3	18.0	
4	8.0	
5	14.0	
6		33.0
7		15.2
8		37.0
9		9.8
10		11.0
11		63.0

Toda la información recopilada, se procede a verterla en el programa de cómputo; Dicho programa proporciona como resultado, las coordenadas de los puntos de las curvas de nivel de ruido, así como las áreas que ellas contienen.

Los resultados del estudio se muestran graficamente en las siguientes hojas.

AÑO 2000 : AREAS EXPUESTAS  
AL RUIDO DE AVIONES LOCALIZADAS EN LAS  
INMEDIACIONES DEL AEROPUERTO DE  
GUADALAJARA JAL.

LDN 65-75 : 9000 Ha  
LDN 75-80 : 1480 Ha

AREA URBANA AFECTADA CON  
LDN MAYOR DE 75  
440 Ha

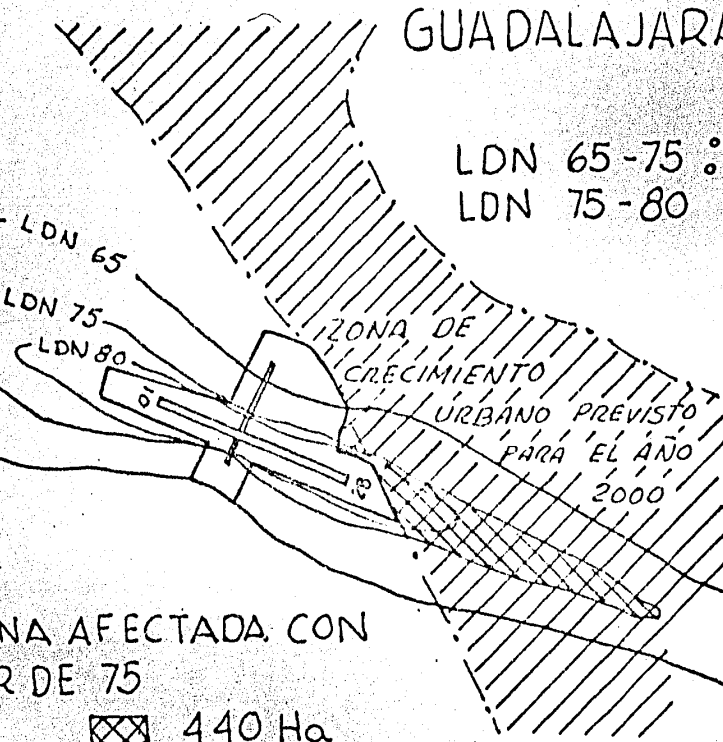


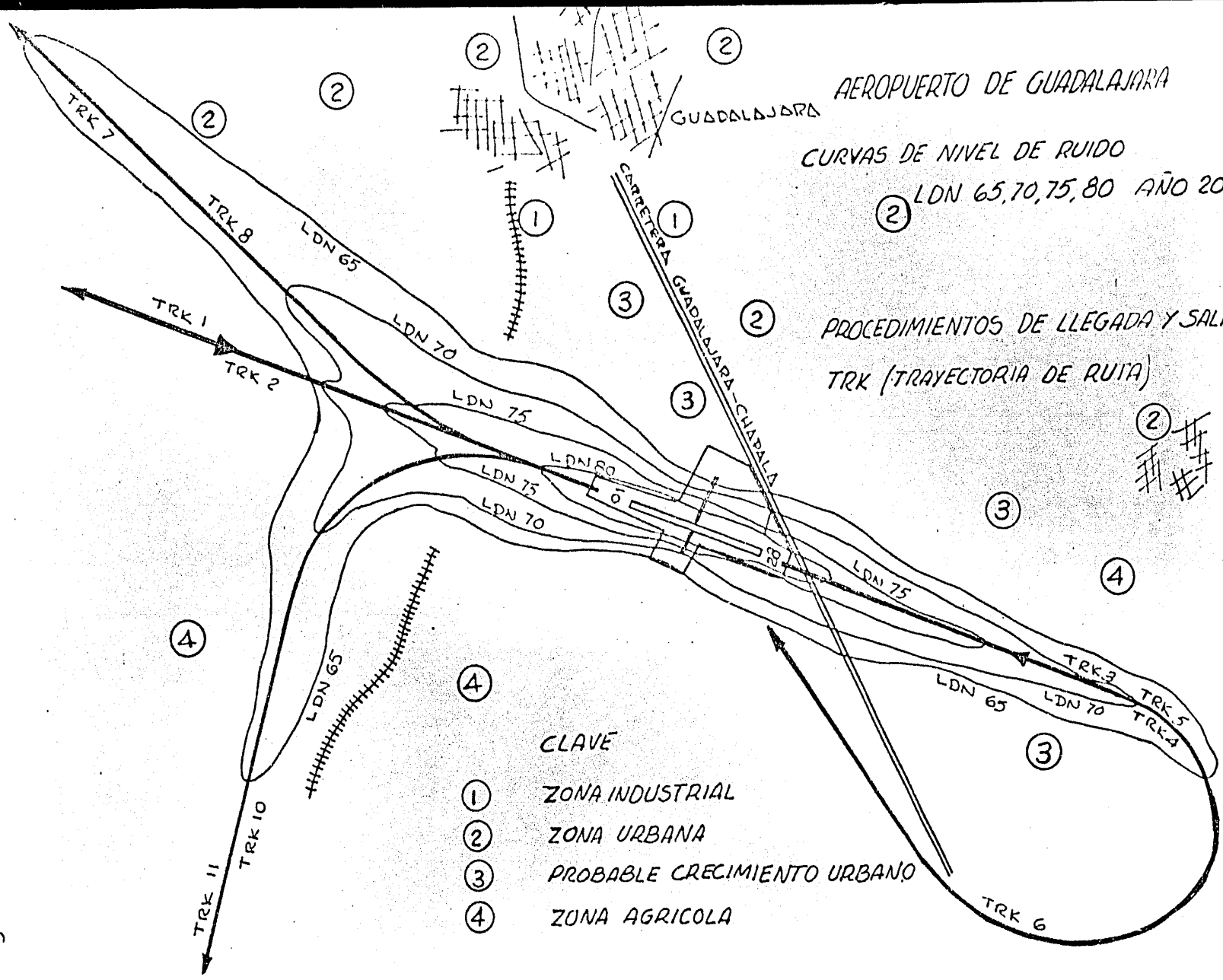
Fig 6.10

SITUACION ACTUAL: AREAS EXPUESTAS  
AL RUIDO DE AVIONES LOCALIZADAS EN LAS  
INMEDIACIONES DEL AEROPUERTO DE  
GUADALAJARA JAL.



LDN 65-75 : 2910 Ha  
LDN > 75 : 320 Ha

Fig. 219





CONCLUSIONES A LAS QUE CONDUCE EL ESTUDIO DE RUIDO REALIZADO EN EL AEROPUERTO DE GUADALAJARA JAL.

Para las condiciones actuales, las áreas afectadas por los niveles de ruido de la curva 65 LDN, tienen uso agrícola y el área que limita es de 2910 Ha; dentro de ésta se localizan parte de pequeños poblados, tales como Santa Cruz del Valle, San José, La Unión del Cuatro y Zapote del Valle.

El área comprendida dentro de la curva 75 LDN, la que se considera en éste criterio como zona de restricción para habitación humana, llega a abarcar sólo 320 Has. dedicadas al uso agrícola.

Para condiciones futuras, al año 2000, el área limitada por la curva 65 LDN abarcará 9000 Has. y según la política gubernamental, el terreno localizado al noroeste del aeropuerto tendrá uso agrícola en su mayor parte.

El área ubicada dentro de la curva 75 LDN tiene en total 1480 Has. de extensión y de acuerdo a los pronósticos de desarrollo urbano de la Ciudad de Guadalajara, podrían ser terrenos para uso habitacional, por tanto los residentes sufrirán molestias al estar expuestos a niveles altos de ruido de no adoptarse desde ahora medidas restrictivas del uso del terreno, dándole un uso adecuado.

El área urbana afectada para el año 2000, será de 440 Has.

### 6.13 APLICACION DEL METODO LDN UTILIZANDO CALCULADORA.

Este procedimiento determina el nivel de ruido de día y de noche (LDN); calculando el área de contorno de ruido en millas cuadradas, mezclando los tipos de aviones y considerando los ciclos de aterrizajes y despegues (LTOs), de cada aeroplano.

Los valores límites considerados en éste cálculo son los de 65 y 75 LDN

La ecuación básica de tal procedimiento es:

$$A = a N^b$$

Donde la constante a es el área de ruido producido por un determinado aeroplano, en un ciclo considerado (LTO), dicha área está medida en millas cuadradas.

La constante b es el parámetro de la escala, que determina la variación del área, en relación al cambio del número efectivo de ciclos por cada aeroplano.

El contorno del área de ruido A, es el resultado de la aplicación de los parámetros a y b para N.

N es el número de ciclos (LTO)s efectivos y es igual a la suma de ciclos diurnos y nocturnos (10pm - 7am) de cada aeroplano, siendo éstos afectados por el factor 10 en relación a los ciclos diurnos.

PROCEDIMIENTO: SE ILUSTRA MEDIANTE UN EJEMPLO HIPOTETICO.

En éste se consideran 4 tipos de aviones únicamente, operando en un cierto aeropuerto.

Paso 1 : Considerar los tipos de aviones en la columna 1 del cuadro 6.13

Paso 2 : Indicar los ciclos (LTO)s diurnos y nocturnos de cada tipo de aeroplano en las columnas 2 y 3.

Paso 3 : Calcular los ciclos efectivos en la columna 4, multi

plicando por 10 los nocturnos y sumando.

Paso 4 : Obtener de la tabla de cómputo anexa, los valores  $a$  y  $b$ . Los cuales fueron obtenidos mediante un análisis de correlación utilizando la ecuación lineal:

$$\log A = \log a + b \log N$$

obtenida de la ecuación original  $A = a N^b$

El coeficiente de correlación  $r$ , indica, qué tan aproximada está correlacionada la recta con los parámetros  $a$  y  $b$ . Entre más próximo sea a uno el valor de  $r$  mejor es la correlación.

Paso 5 : Calcular el área  $A = a N^b$  para cada tipo de avión, anotándolas en la columna 7.

Paso 6 : Seleccionar el área mayor de la columna 7 y llevarla al espacio  $A_r$  ( Área de referencia )

Paso 7 : Calcular la contribución de energía  $E$  de cada aeroplano por el área de referencia. A la columna 8

$$E = \left( \frac{A}{A_r} \right)^{1/b} \quad \text{por cada aeroplano.}$$

Paso 8 : Obtener la suma de energía y llevar el resultado al recuadro  $\bar{E}$ .

Paso 9 : Calcular el factor  $W = \frac{E}{b}$  de peso para cada aeroplano y llevarlo a la columna 9.

Paso 10: Obtener la suma del factor peso y anotarla en el espacio de  $\bar{w}$ . columna 9.

Paso 11: Calcular el parámetro  $\bar{b}$  para la mezcla de aviones, dividiendo  $\bar{E}$  entre  $\bar{w}$

Paso 12: Calcular el contorno del área de ruido, para la mezcla de aviones aplicando su contribución de energía

$$\bar{A} = A_r (\bar{E})^{\bar{b}}$$

Esto es el resultado del método aplicado

## VERIFICACION:

Paso 13 : Determinar el número de ciclos  $(LTO)_s$  tal que cada avión debe volar para obtener un área igual que con la mezcla

$$\bar{N} = \left( \frac{A}{a} \right)^{\frac{1}{b}}$$

Paso 14 : Calcular la proporción  $\frac{\bar{N}}{N}$  para cada avión, o sea-

el cociente de ciclos equivalentes entre ciclos efectivos y llevar ésto a la columna 11

Paso 15 : Sumar la columna 11 y llevar ésta cifra al espacio "Prueba de Validez"

Paso 16 : Si el resultado de punto 15 está comprendido entre 1.00 y 1.02 el resultado de  $\bar{A}$  es correcto.

Paso 17 : Si el resultado está fuera de la tolerancia, después de revisar los cálculos, deberá cambiarse el área de referencia del paso 6.

PARAMETROS  $a$  y  $b$  DEL METODO LDN  
 COEFICIENTE DE CORRELACION  $r$   
 PARTE 1 DE 2

AIRCRAFT TYPE	65 LDN			75 LDN		
	$a$	$b$	$r$	$a$	$b$	$r$
747100	.22594	.70658	.9999	.058717	.6568	.9982
747200	.094848	.71062	.9993	.053022	.52171	.9811
74710Q	.085753	.70623	.9994	.039767	.56111	.9922
747SP	.072332	.70726	.9967	.031276	.57653	.9889
DC820	.54677	.61749	.9995	.094781	.67403	.9994
707	.43892	.63363	.9997	.081632	.6692	.9999
720	.35018	.65145	.9997	.062400	.64438	.9997
707320	.46623	.63776	.9996	.066793	.67387	.9993
707120	.39068	.63666	.9994	.075951	.66588	.9976
720B	.33421	.64423	.9994	.057873	.68593	.9993
DC850	.45335	.6216	.9994	.085881	.66095	.9988
DC850	.50433	.63493	.9997	.093726	.67211	.9992
DC8CFM	.095148	.56752	.9995	.050378	.42531	.9901
707CFM	.090267	.56354	.9976	.075916	.36005	.9844
707CN	.39478	.61722	.9995	.070682	.66658	.9988
DC8CN	.46346	.60035	.9991	.074511	.69043	.9963
CONCORD	3.1753	.60275	.9987	.21072	.94202	.934
DC1010	.055933	.74586	.9981	.057581	.44377	.969
DC1030	.072532	.7207	.9992	.055537	.48144	.9765
DC1040	.069732	.72171	.9991	.055983	.47362	.9736
L1011	.061666	.74073	.9984	.059958	.45116	.9729
L10115	.070318	.73216	.9987	.061885	.44334	.9727
727200	.37045	.66575	.9994	.063394	.70508	.9924
727100	.31696	.66593	.999	.059802	.71719	.9988
727015	.63539	.59821	.9996	.102036	.6965	.9976
72709	.39856	.64771	.9993	.063155	.70725	.9985
72707	.25431	.67698	.9987	.041575	.72221	.9987
727015	.63747	.59125	.9996	.080776	.69357	.9974
727017	.77352	.58384	.9992	.12183	.65354	.9965
A300	.056243	.78813	.9973	.065747	.40001	.9676
767	.045582	.73509	.9994	.029423	.51749	.9843
A310	.049037	.70737	.9975	.033022	.4913	.9897
BAC111	.15806	.6387	.9998	.045305	.60061	.9996

PARAMETROS  $a$  y  $b$  DEL METODO LDN  
 COEFICIENTE DE CORRELACION  $r$   
 PARTE 2 DE 2

AIRCRAFT TYPE	65 LDN			75 LDN		
	$a$	$b$	$r$	$a$	$b$	$r$
F28	.11424	.67717	.9979	.081902	.51202	.9969
DC930	.255	.64224	.9992	.047022	.67370	.9992
DC910	.15256	.63415	.9994	.023217	.70457	.9974
737	.20092	.67206	.9977	.032167	.72595	.9991
DC937	.19709	.65771	.9971	.034592	.70393	.9957
DC937	.12141	.69243	.9992	.023937	.69715	.9941
73731	.17443	.69331	.9973	.02532	.7414	.9974
DC950	.54653	.53632	.9992	.034585	.6713	.9977
737017	.47652	.53643	.999	.059349	.7154	.9983
DC920	.057292	.7015	.9989	.027371	.59347	.985
757R3	.035748	.73426	.9993	.022124	.51577	.9737
757JT	.035748	.73426	.9998	.023126	.51577	.9737
CGJET	.23304	.61027	.9993	.050735	.64206	.9995
64TF	.044167	.62141	.9993	.530373	.4399	.9614
64TJ	.32343	.60457	.9996	.061997	.69355	.999
64TF	.052119	.62153	.9971	.037255	.43661	.9009
64LTF	.022013	.52699	.9709	.015311	.3752	.9882
L188	.016969	.73133	.9863	.029594	.37025	.9839
L100	.033374	.79478	.9983	.026474	.51704	.9815
DHC7	.011101	.63707	.9794	.0073122	.47978	.9967
CV500	.020242	.632	.9712	.025308	.33308	.9961
MTETP	.026254	.69683	.9935	.030705	.32219	.9764
MTETP	.023394	.51311	.9644	.020403	.33031	.9881
DHC6	.015311	.4605	.9796	.0042779	.51577	.9779
4EP	.052605	.81523	.9993	.033666	.58784	.9876
TEP	.042943	.75895	.9969	.034507	.49519	.9898
CGHTEP	.01671	.49602	.9749	.004013	.54427	.9773
CONSEP	.0096306	.54076	.9782	.0026624	.51335	.9829
KC135	2.7293	.63015	.998	.45159	.69334	.9995
C130	.033374	.79478	.9983	.026474	.51704	.9815
F4	1.0301	.66118	.9999	.23397	.65296	.9994
A70	.47499	.6464	.9996	.11567	.63347	.9996
CL600	.049046	.5045	.9848	.039268	.33787	.9976



## CONCLUSIONES:

La construcción de un aeropuerto, resulta una muestra plena de la Ingeniería Civil en todos los órdenes; sus diferentes campos deben concurrir para su planeación, diseño, construcción y mantenimiento; desde el sistema de alcantarillado pluvial para pistas, rodajes y plataformas hasta el diseño estructural del edificio terminal; desde la construcción de pavimentos de alta resistencia hasta la construcción de la torre de control con sus problemas de estabilidad inherentes; desde el organizar el que debe ser agil flujo de pasajeros y vehículos hasta la completa satisfacción de necesidades de espacios aéreos y terrestres, pasando por el punto de establecer un eficiente y seguro servicio de abasto de combustibles y otros muchos puntos más que deben satisfacerse para lograr el buen funcionamiento del aeropuerto.

Además un aeropuerto constituye un claro ejemplo del afán del hombre por lograr que sus necesidades puedan ser satisfechas dentro de una concepción moderna como es la optimización. Esto no únicamente como una preocupación meramente perfeccionista, sino en la búsqueda del solucionar requerimientos básicos como son la comunicación y el transporte, de la manera más eficiente desde todos los puntos de vista.

Por optimizar en aeropuertos, debe entenderse entre otras cosas la elaboración del Plan Maestro, en forma absolutamente coordinada con el Plan Nacional, de tal forma que los recursos económicos requeridos para su planeación, construcción, mantenimiento y desarrollo sean factibles de obtener, siendo de ésta manera financiable un proyecto.

El costo de la obra debe contemplarse hacia un horizonte de planeación. Quizá una inversión inicial propuesta no sea la mínima, pero si al término de la última etapa del Plan,



el costo global es menor que por otros caminos, indudablemente se habrá logrado la optimización de la relación costo-beneficio.

En cuanto al funcionamiento del aeropuerto, debe buscarse su optimización garantizando el cumplimiento de su finalidad básica, como es el servir a una comunidad en particular y al país en general. En cambio los problemas a que induce un aeropuerto, como son los de la contaminación atmosférica, el ruido y los propios de la circulación de vehículos y personas deben minimizarse.

Aspectos muy importantes en cuanto a su planeación, son el de precisar el momento óptimo para la toma de decisiones relativas a su proyecto, construcción y desarrollo por etapas. Dentro de dicha planeación, el precisar sus dimensiones y localización óptimas, resulta muy importante, pues la construcción de "elefantes blancos" es uno de los peligros latentes en la planeación de obras de gran magnitud y trascendencia como son las de aeropuertos.

Una cualidad muy importante que debe poseer el Plan Maestro, es su adaptabilidad a las condiciones que van transformándose con el tiempo y debe permitir aprovechar las mejoras técnicas que constantemente se realizan.

Por todo lo anterior puede verse que el denominador común de todos los aspectos relacionados con la planeación, diseño, construcción, mantenimiento y desarrollo del sistema aeroportuario, es la constante búsqueda de la optimización.

## BIBLIOGRAFIA:

- 1.- HANDBOOK OF NOISE CONTROL  
CYRIL M. HARRIS MC. GRAW HILL N.Y. 1979
- 2.- PROCEDURES FOR DEVELOPING NOISE EXPOSURE FORECAST AREAS -  
FOR AIRCRAFT FLIGHT OPERATIONS.  
DWIGHT E. BISHOP AND RICHARD D. HORONJEFF  
CALIFORNIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION  
FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION WASHINGTON USA 1978
- 3.- THE FLIER'S HANDBOOK  
HELEN VALERY. MARSHALL EDITION N.Y. 1978
- 4.- STANDARD HANDBOOK FOR CIVIL ENGINEERS  
MC. GRAW HILL BOOK CO. N.Y. 1982
- 5.- MANUAL PARA EL PILOTO PARTICULAR  
AGENCIA FEDERAL DE AVIACION. SERVICIO DE NORMAS DE VUELO  
WASHINGTON D.C. EDITORIAL DIANA MEXICO 1974
- 6.- TRANSPORT  
MC. MILLAN PUBLISHERS LIMITED LONDON 1980
- 7.- FUNDAMENTOS DE FISICA II  
DINO SEGURA MC GRAW HILL LATINOAMERICANA 1981
- 8.- REVISTA AEROPUERTOS Nos. 8 y 10  
AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILIARES MEXICO 1975
- 9.- MANUAL DE SERVICIOS DE AEROPUERTOS DOC. 9137-AN/898  
OACI MONTREAL QUEBEC CANADA 1981
- 10.- AIRPORTS INTERNATIONAL 1972  
ASSOCIATION INTERNATIONALE DES AEROPORTS CIVILES. PARIS
- 11.- LE GRAND QUID ILLUSTRE  
EDITIONS ROBERT LAFFONT. PARIS FRANCIA 1982
- 12.- APUNTES DEL CURSO DE SISTEMAS AEROPORTUARIOS  
DEL ING. FEDERICO DOVALI RAMOS
- 13.- PLANNING AND DESIGN OF AIRPORTS  
ROBERT HORONJEFF MC. GRAW HILL NEW YORK 1981
- 14.- AEROPUERTOS  
FRANCISCO LOPEZ PEDRAZA. PARANINFO MADRID ESPAÑA

15.- FACTORES DE PROYECTO EN EL SISTEMA AERONAUTICO TERRESTRE  
TESIS PROFESIONAL. FACULTAD DE INGENIERIA UNAM 1977  
ESTEBAN DE JESUS FIGUEROA PALACIOS  
GERARDO JOHANNES WEIHMANN ILLADES

16.- REPORTE FAA - EE - 84 - 12

AREA EQUIVALENT METHOD

ENVIROMENTAL IMPACT STATEMENT.

DAY NIGTH AVERAGE SOUND LEVEL

DONNA G. WARREN

WASHINGTON D.C.

JULIO DE 1984

## MEDITANDO UN POCO .....

Cuando ingresé a la Escuela Nacional de Ingenieros, escuché en repetidas ocasiones, " ésta no es una carrera de velocidad, sino de resistencia". Al paso del tiempo, he podido constatar en mi persona, donde quizá como un ejemplo extremo se muestra la gran verdad que encierra tal frase.

Para alcanzar tal meta he tenido que realizar un gran esfuerzo, con altibajos e interrupciones, venciendo muchos obstáculos, a veces con alguna facilidad, pero las más con extrema dificultad; con tropiezos y caídas que por momentos me hacían pensar que no llegaría nunca.

Afortunadamente también disfruté de sana, sincera, desinteresada ayuda y orientación, para que conjuntada toda ella con mi propio esfuerzo, obtenido a veces de lo más recóndito y estimulado por la presencia de mis hijos me permitió alcanzar tal satisfacción.

Mi gratitud más profunda para tantas personas amigas, quienes con su ejemplo, estímulo y ayuda me impulsaron siempre en el sentido positivo.

En especial para el Dr. José Chávez Almazán por su acicate permanente, orientación y amistad, que lo hacen en buena parte, autor intelectual de éste logro.

Profundo y sincero reconocimiento guardo a mis maestros, los Ingenieros Federico Dovalí Ramos, Emilio Gil Valdivia, Luis Ordoñez Reyna, José Luis Sánchez Martínez, José Luis Camba Castañeda y Luis Palomino Rivera en especial; quienes en repetidas ocasiones me han brindado su valiosa ayuda, notable preparación y sabia enseñanza, tanto en el terreno profesional, como en el laboral y en el aspecto humano.

A mis padres, eterna gratitud por su ejemplo de paciencia, trabajo, amor, comprensión y apoyo en todos los órdenes y - circunstancias. Igualmente para mis hermanos y sobrinos, gratitud por el estímulo a veces indirecto que me otorgaron.

Muy sentido reconocimiento para mis amigos, los Doctores Toyo, Mario, Ramón y Gabriel, porque su amistad, ejemplo positivo y apoyo, ha sido motivante todo el tiempo para no perder la co rrecta orientación.

Recuerdo imborrable para mi amigo, consejero y leal compañero Galo, quien con su inolvidable compañía tanto me ayudó.

Para Mari la inspiración, por su amor, comprensión y siem pre muy determinante apoyo, mi más íntima y sentida gratitud.

..... y para mis queridos hijos Jorge y Eric, lo que pre tende ser un ejemplo de que la vida del hombre, no es otra -- cosa que una sucesión de fines y metas que deben alcanzarse -- aún a costa de muchas frustraciones y sacrificios; porque la -- satisfacción de alcanzarlas no tiene comparación, además de -- ser el señalamiento del camino a seguir para sus propios hi-- jos y que como en el terreno deportivo, no hay nada que se pa-- rezca a la Victoria.

Jorge Aguilar Ugarte.