

204
2 Jun.

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-120



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

Señor JOSE JAVIER TENA FLORES,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Federico Dovalí Ramos, para que lo desarrolle como TESIS para su Examen Profesional de la carrera de INGENIERO CIVIL.

"EVALUACION Y SELECCION DEL EMPLAZAMIENTO DE UN AEROPUERTO"

Introducción.

1. Pronósticos operacionales y económicos.
2. Etapas principales para el emplazamiento de un aeropuerto:
 - a) Determinación de la forma y dimensiones del área necesaria.
 - b) Emplazamiento de las zonas que ofrecen posibilidades de ampliación.
 - c) Examen y evaluación de dichos emplazamientos.

Conclusiones.
Bibliografía.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 24 de mayo de 1985
EL DIRECTOR

DR. OCTAVIO A. RASCON CHAVEZ.

OARCH/RCH/sho.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Esta tesis se la dedico especialmente a mis padres :

C.P. IGNACIO TENA BARRERA

SRA. MARIA LUISA FLORES DE TENA

A mi mamá :

Por ser maravillosa conmigo.

A mi papá :

Por su confianza, cariño y gran apoyo en todos los aspectos hacia mi.

A mi hermano Nacho :

Por su apoyo y su deseo de superación.

To Karen :

For her comprehension and love to me.

A todas aquellas personas, que me brindaron su ayuda de una u otra manera, en la realización de este trabajo. En especial a Chucho.

Al ING. FEDERICO DOVALI RAMOS, mi infinito agradecimiento, por haberme guiado y supervisado durante el desarrollo de esta tesis.

A la FAC. DE INGENIERIA (U.N.A.M.).

	2.b.1.a.1.b	Superficies de los PANS-OPS	82
	2.b.1.a.1.c	Supresión de obstáculos	85
	2.b.1.a.1.d	Tipos de equipo e instalación de aeropuertos que pueden constituir obstáculos	86
	2.b.1.a.2	Presencia de otros aeropuertos en la zona	87
2.b.1.b		Tipo y desarrollo del área circundante	89
	2.b.1.b.1	Terrenos	89
		2.b.1.b.1.a Utilización	90
		2.b.1.b.1.b Disponibilidad para expansión	99
		2.b.1.b.1.c Valor	99
		2.b.1.b.1.d Efectos socio-económicos	100
	2.b.1.b.2	Estudio ecológico	101
		2.b.1.b.2.a Contaminación atmosférica	101
		2.b.1.b.2.b Protección de la flora y la fauna	102
		2.b.1.b.2.c Contaminación del agua	103
		2.b.1.b.2.d Erosión del suelo	104
		2.b.1.b.2.e Intervención del Gobierno en el control ambiental	105
		2.b.1.b.2.f Ruido	107
2.b.1.c		Condiciones atmosféricas	113
2.b.1.d		Accesibilidad al transporte terrestre	115
2.b.1.e		Efectos en la comunidad	118
2.b.1.f		Economía de la construcción	121
		2.b.1.f.1 Topografía	121
		2.b.1.f.2 Naturaleza del suelo y materiales de construcción	125
		2.b.1.f.3 Suministro de servicios	128
2.c		Examen y evaluación de dichos emplazamientos	130
	2.c.1	Preparación de planos esquemáticos y cálculo de los gastos e ingresos	130
	2.c.2	Evaluación definitiva	132
3		CONCLUSIONES	134
4		BIBLIOGRAFIA	135

INTRODUCCION

Gracias a la rapidez, seguridad, economía y comodidad, el avión se ha constituido como un medio indispensable para la comunidad que desea o tiene que viajar extensas distancias de un punto hacia otro. Esta actividad no la desempeñaría tan eficientemente si no hubieran aeropuertos que le pudieran brindar todas las necesidades de operación al avión y a los usuarios.

Por esto, para planear un aeropuerto, primeramente se debe realizar un estudio para escoger el sitio en el cual se construirá dicho aeropuerto, el cual debe de satisfacer las necesidades de vuelo del avión y las necesidades de transporte aéreo de la comunidad sin perjudicar a la ecología, la economía y salud de dicha zona. Esto es, que traiga beneficios a la región en la cual se situará.

Esta tesis, nos muestra los diferentes factores que se deben tomar en cuenta para evaluar y seleccionar de un número x de posibles emplazamientos, el que sea más óptimo para nuestros fines.

1 PRONOSTICOS OPERACIONALES
Y ECONOMICOS

Los sistemas aeroportuarios como todo sistema de transporte, esta constituido por sus tres elementos materiales que son :

La infraestructura.-- Constituida por las vías de navegación aérea con sitios de origen y destino llamados puertos aéreos o aeropuer--tos, facilidades de navegación y servicios de control de tránsito aéreo.

La estructura.-- La integran los vehículos aéreos que efectuan el transporte.

La superestructura.-- Esta formada por las personas y mercancías transportadas por vía aérea.

Como un aeropuerto forma parte fundamental dentro de la infraestructura de un sistema de transporte aéreo, debemos realizar primeramente, un estudio de mercado de demanda creado por las necesidades de la región a la cual se desea emplazar dicho aeropuerto, tomando en cuenta los demas elementos del sistema para que conjuntamente trabajen.

Para el emplazamiento de un puerto aéreo debemos conocer que tipo de servicio primordialmente va a tener. En México, se destacan los siguien--tes :

- 1) Industrial
- 2) Agrícola
- 3) Turístico
- 4) Integración económica

Esto es, para saber que tipo de demanda pronosticaremos principal--mente.

Para determinar la demanda pueden hacerse pronósticcos de tipo operacional y económico. El pronóstico operacional determina los siguientes

puntos :

1.- El desarrollo potencial de operadores, su estructura de rutas. Su influencia en el aeropuerto.

2.- Los tipos actuales y futuros de aviones. Tipos, número total y su proporción de afluencia.

3.- Las horas de diseño, pasajeros, carga, visitantes, empleados, maletas, vehículos terrestres, etc..

El pronóstico de tipo económico comprende :

1.- Actuales y futuras condiciones de competencia con otros medios de transporte.

2.- Requerimientos últimos de terrenos para el aeropuerto (se recomienda adquirir los terrenos en la etapa inicial, puesto que se van a crear asentamientos humanos y a su vez tendrán plusvalía comercial, por eso es importante adquirir los terrenos desde un principio para evitar problemas en un futuro. Este pronóstico puede representar un alto costo en una primera etapa, pero habrá que evaluarlo con cuidado).

Para evaluar un pronóstico habrá que considerar condiciones de etapa, que son :

Pronósticos a corto plazo	de 3 a 5 años
Pronósticos a mediano plazo	de 5 a 10 años
Pronósticos a largo plazo	> 10 años

Los pronósticos a corto plazo facilitan las bases para el trabajo de desarrollo real, los de mediano plazo cubren las lagunas dejadas por los de largo plazo y facilitan información provisional sobre las bases subsecuentes probables del desarrollo, y los de largo plazo que facilitan las directrices generales necesarias para la planificación general.

La demanda en los periodos punta*(no necesariamente), más que la de manda anual es la que debe determinarse a fin de evaluar los requisitos relativos a la instalación, ya que la capacidad de utilización de las ins talaciones aeroportuarias se hace más crítica durante los días y horas de los períodos punta del tránsito. Por lo tanto, los pronósticos básicos tienen que convertirse en información relativa a los períodos punta, tanto para los vuelos de aeronaves (que definen los requisitos relativos a las pistas, calles de rodaje, control de tránsito aéreo y plataformas) co mo para los pasajeros, mercancías y correo despachados **.

1.a FACTORES

El que la demanda evolucione hasta los niveles previstos, puede que tome un período de tiempo mayor o menor que el pronosticado, pero esto no tiene gran importancia si se dispone de zonas de terreno apropiadas que permitan el desarrollo cuando sea necesario y que mientras tanto puedan ser utilizadas provechosamente.

Cuanto más largo sea el período abarcado por el pronóstico, mayor es la posibilidad de variación de los factores que afectan los resultados y mayor el riesgo económico resultante de un error.

Siempre existirán un cierto número de factores que harán de la pronosticación una ciencia imprecisa. Estos factores son los siguientes : **

- a) El método deficiente de pronosticación.
- b) Los datos básicos deficientes.

* La "hora punta típica", es la 30a. ó 40a. hora de mayor actividad, simi larmente, el día de mayor actividad típico es el 30 ó 40 día de mayor actividad.

**Manual de Planificación de Aeropuertos, parte 1, Planificación General, publicado por la OACI.

- c) Los pronósticos deficientes de los factores socioeconómicos que se considera que afectarán, con la mayor probabilidad la demanda de transporte aéreo.
- d) La introducción imprevista de nuevos factores socioeconómicos influyentes, no considerados anteriormente como de primera importancia.
- e) La influencia de factores difíciles de cuantificar.

Los factores que influyen en el crecimiento del tránsito aéreo pueden clasificarse en 4 categorías generales, a saber :

- 1 Económicos.
- 2 Sociales y demográficos.
- 3 Tecnológicos y sistemáticos.
- 4 Comerciales y políticos.

La tabla # 1, contiene cierto número de factores que se piensa influyen en la demanda de transporte aéreo, categorizados en aspectos particulares (su finalidad es servir de guía únicamente). Los datos para realizar una pronosticación de este tipo se pueden obtener de diversas fuentes, como los bancos nacionales, las instituciones financieras internacionales, los organismos locales y nacionales, las oficinas regionales de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA), los servicios de las direcciones generales de aviación civil (DGAC), la "Federal Aviation Administration" de los Estados Unidos, las líneas aéreas, las asociaciones profesionales de aviación, las Naciones Unidas y sus organismos afiliados, organismos locales y nacionales de planificación y ciertos documentos de la OACI.

TABLA I *

VARIABLES INDEPENDIENTES UTILIZADAS EN LAS
PREVISIONES ECONOMETRICAS DEL TRAFICO AEREO

Tipo de influencia sobre el tráfico	Variable	Aplicación (Tipo de previsión)	Notas (Fuentes de datos, definición, etc.)
Volumen y capacidad de gasto del mercado	Población	Tráfico de pasajeros	(Fuente: estadísticas (nacionales o regionales)
	Indica de la producción industrial (volumen o valor)	Tráfico de mercancías	(les
	Producto nacional bruto	Todos los tipos de previsión	(Fuente: estadísticas (nacionales
	Renta nacional	((
	Ingresos personales disponibles	(Definición: ingresos personales (ingresos de las personas o sociedades por todos los conceptos) menos los impuestos personales
	(((
	Gastos personales de consumo	(Tráfico de pasajeros	Definición: ingresos personales disponibles menos los ahorros personales e intereses abonados por los consumidores
	Ingresos discrecionales	(Definición: ingresos totales de todas las personas cuyos ingresos anuales superan una cantidad determinada
	(((
Comercio internacional de todas las mercancías elegidas (por volumen o valor)	Tráfico internacional de mercancías	Fuente: estadísticas del comercio nacional o internacional	
Gastos personales totales en viajes y actividades recreativas	Tráfico de pasajeros por motivos personales	Fuente: encuestas entre los consumidores	

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL
TRANSITO AEREO

*Manual de Previsión del Tráfico Aéreo, primera edición, publicado por la OACI.

Previsión del tráfico aéreo

Tipo de influencia sobre el tráfico	Variable	Aplicación (Tipo de previsión)	Notas (Fuentes de datos, definición, etc.)
Otras características del mercado	Indice correspondiente al tiempo dedicado al ocio	Viajes por motivos personales	Puede basarse en el número más corriente de vacaciones anuales o número de días de trabajo anuales) por empleado
	Indice correspondiente a la inclinación a viajar por vía aérea	Tráfico de pasajeros	Basado en la distribución por edades, en la composición educacional o profesional de la población
	Indice correspondiente a la conveniencia de expedir las mercancías por vía aérea	Tráfico de mercancías	Basado en las características de producción o comerciales con respecto al valor por unidad de peso o a su estado perecedero
	Indice correspondiente a los lazos étnicos, lingüísticos y económicos entre ciudades o regiones	Tráfico direccional de pasajeros o mercancías	Basado en la geografía social o industrial
Coste de utilizar los servicios de transporte aéreo	Tarifas de transporte aéreo oficiales	Previsión direccional de pasajeros o mercancías	
	Tarifas o fletes ordinarios por pasajero-km o tonelada-km	Previsiones no direccionales de pasajeros o mercancías	Fuente: cálculos basados en las tablas de tarifas o fletes
	Rendimiento obtenido por las empresas aéreas por pasajero-km o tonelada-km	Tráfico de pasajeros o mercancías	Fuente: datos financieros de las líneas aéreas
	Pasaje más valor del tiempo invertido en tránsito	Tráfico de pasajeros	Observación: El valor del tiempo se basa generalmente en el salario horario tipo para los pasajeros por vía aérea
	Gastos medios de viaje	Tráfico de pasajeros	Fuente: precio de los viajes organizados, tarifas más estadísticas de turismo
Flete más gastos complementarios de envío	Tráfico de mercancías	Fuente: gastos suplementarios basados en los estudios económicos	

Tipo de influencia sobre el tráfico	Variable	Aplicación (Tipo de previsión)	Notas (Fuentes de datos, definición, etc.)
Facilidad de comunicaciones con el aeropuerto	<p>Proporción del mercado en las ciudades con servicios aéreos</p> <p>Proporción del mercado dentro de cierta distancia de los aeropuertos</p> <p>Distancias o tiempos de transporte medios entre el aeropuerto y la ciudad</p>	<p>Tráfico de pasajeros regional o nacional</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(Previsiones de (aeropuerto o de ruta</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p>	<p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(Fuente: datos demográficos</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p>
Comodidad de los horarios	<p>Número de servicios por unidad de tiempo</p> <p>Proporción de las horas de salida convenientes dentro de determinados intervalos de tiempo de los servicios regulares</p>	<p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(Tráfico regular (de pasajeros o mercancías</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p>	<p>Fuente: horarios o estadísticas del movimiento del tráfico</p> <p>Fuente: horarios más estudios sobre las fluctuaciones de la demanda</p>
Tiempo invertido en el transporte	<p>Tiempo invertido en el viaje o velocidad media de aeropuerto a aeropuerto</p> <p>Tiempo total de traslado, incluido el transporte al aeropuerto y las esperas</p>	<p>Tráfico de pasajeros</p> <p>Tráfico de pasajeros y mercancías</p>	<p>Fuente: horarios o estadísticas operacionales</p> <p>Fuente: encuestas y horarios o estadísticas operacionales</p>
Regularidad del servicio	Porcentaje de vuelos suspendidos	Todos los tipos de previsión de transporte aéreo	Fuente: estadísticas operacionales
Competencia	<p>Coste de la hora ahorrada con respecto a otro modo de transporte</p> <p>Toda relación entre el coste, facilidad de comunicaciones, finanzas, velocidad o regularidad del servicio aéreo con respecto a los demás servicios</p>	<p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(Previsiones direccionales de pasajeros o mercancías</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p> <p>(</p>	Observación: obtenidos o estimados a partir de la información del coste y tiempo de viaje

1.b METODOS DE PRONOSTICACION

Según la OACI, existen 4 métodos de pronosticación principalmente y son :

- a).- La Opinión Autorizada.
- b).- La Extrapolación de Tendencias.
- c).- Método Econométrico.
- d).- Las Encuestas de Mercado.

a).- La Opinión Autorizada :

Es el método original de pronosticar, y toda vía es el más completo, ya que usualmente implica considerar un amplio número de variables. Consiste en recopilar y analizar las opiniones o planes trazados por los que se dedican a este tipo de actividades.

b).- La Extrapolación de Tendencias :

Este método supone que todos los factores que influenciaron el tránsito aéreo en el pasado (con excepción de los efectos infrecuentes como huelgas laborales, acontecimientos espaciales, etc..)continuarán actuando de la misma forma en el futuro, cosa que frecuentemente no sucede así. Sin embargo, este método introduce cierto grado de objetividad en la pronosticación y es relativamente fácil de llevar a cabo.

El procedimiento más corriente para determinar las tendencias de una serie cronológica,consiste en situar los datos correspondientes a dicha serie en un papel milimétrico normal. La función del tránsito que requiere preverse (variable dependiente) se mide sobre el eje vertical y el tiempo (variable independiente) se refiere al eje horizontal. Una vez situados cada uno de los puntos de la serie cronológica podrá trasarse a ma no una curva que una los puntos fijados. Dicha curva da una idea prelimi-

nar del tiempo de la evolución. Aparecerá una tendencia cuando el ritmo del crecimiento tienda a ser estable en valor absoluto o porcentual.

Basándose en estas representaciones, se podrá elegir el tipo de curva que sea más representativa y, con ello, trazar una proyección de la tendencia.

Se ha observado que, a veces, una serie que experimenta un rápido aumento en un periodo de tiempo dado acaba finalmente por estabilizarse, llegando a un límite superior en determinado punto. Este concepto de nivel de saturación puede introducirse directamente en la ecuación de una curva de tendencia exponencial, agregando una constante (K) a la ecuación siguiente :

$$y = K + a b$$

La mayor parte de las curvas de tendencia obtenidas en la previsión del transporte aéreo son lineales o exponenciales. Estas últimas son las que se utilizan con mayor frecuencia y generalmente se presentan como una relación lineal de los logaritmos de las variables (ver fig. # 1.1).

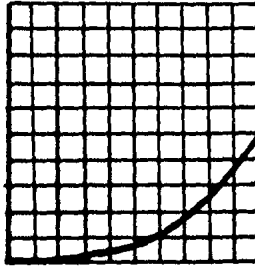
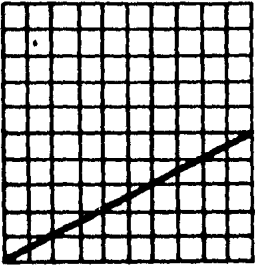
Una vez situados los datos en un papel cuadrulado y trazado la curva de tendencia que parece ajustarse a aquellos, el pronosticador deberá simplemente prolongar la curva hasta que el periodo futuro, objeto de la previsión.

El método más utilizado actualmente para determinar la línea de mejor adaptación se conoce con el nombre de "Método de los cuadrados mínimos", que fué ideado en el siglo XIX y que postula que la línea que mejor se adapta a los datos de la muestra, es aquella en que la suma de los cuadrados de las desviaciones verticales (distancias) de los puntos a la línea es mínima.

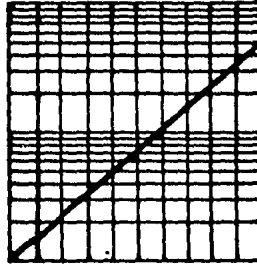
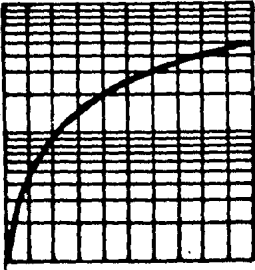
Ejemplo # 1 :

Se han recabado el número total de pasajeros embarcados y desembarcados en el aeropuerto de Ginebra, Suiza. El problema consiste en elegir una línea recta que se acerque lo más posible a estos da-

CUADRICULADO



LOGARITMICO



(Fig. # 1.1)

"CURVAS LINEALES Y EXPONENCIALES"

tos.

Datos :

(Fuente : Compendio estadístico OACI - Tráfico de Aeropuertos para los años indicados).

<u>Año</u>	<u>X</u>	<u>Y</u> (en millares)
1960	0	641
1961	1	755
1962	2	874
1963	3	959
1964	4	1 075
1965	5	1 170
1966	6	1 308
1967	7	1 480
1968	8	1 616
1969	9	2 021
1970	10	2 261
	<hr/> 55	<hr/> 14 160

Desarrollo : (Método de los cuadrados mínimos)

<u>Año</u>	<u>xy</u>	<u>x²</u>	<u>y²</u>
1960	0	0	410 881
1961	755	1	570 025
1962	1 748	4	763 876
1963	2 877	9	919 681
1964	4 300	16	1 155 625
1965	5 850	25	1 368 900
1966	7 848	36	1 710 864
1967	10 360	49	2 190 400
1968	12 928	64	2 611 456
1969	18 189	81	4 084 441
1970	22 610	100	5 112 121
	<hr/> 87 465	<hr/> 385	<hr/> 20 898 270

$$n = 11$$

$$\Sigma xy = 87\,465$$

$$\Sigma x = 55$$

$$\Sigma y = 14\,160$$

$$\Sigma x^2 = 385$$

$$(\Sigma x)^2 = (55)^2 = 3\,025$$

$$a = \frac{\Sigma x^2 \cdot \Sigma y - \Sigma x \cdot \Sigma xy}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} = \frac{385 (14\,160) - 87\,465 (55)}{11 (385) - 3\,025} = 529.77$$

$$b = \frac{n \cdot \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2} = \frac{11 (87\,465) - 55 (14\,160)}{11 (385) - 3\,025} = 151.50$$

Resultado :

De acuerdo a los datos obtenidos en el aeropuerto de Ginebra, Suiza, la ecuación :

$$y = 529.77 + 151.50 x$$

satisface por el método de los cuadrados mínimos, a ésta.

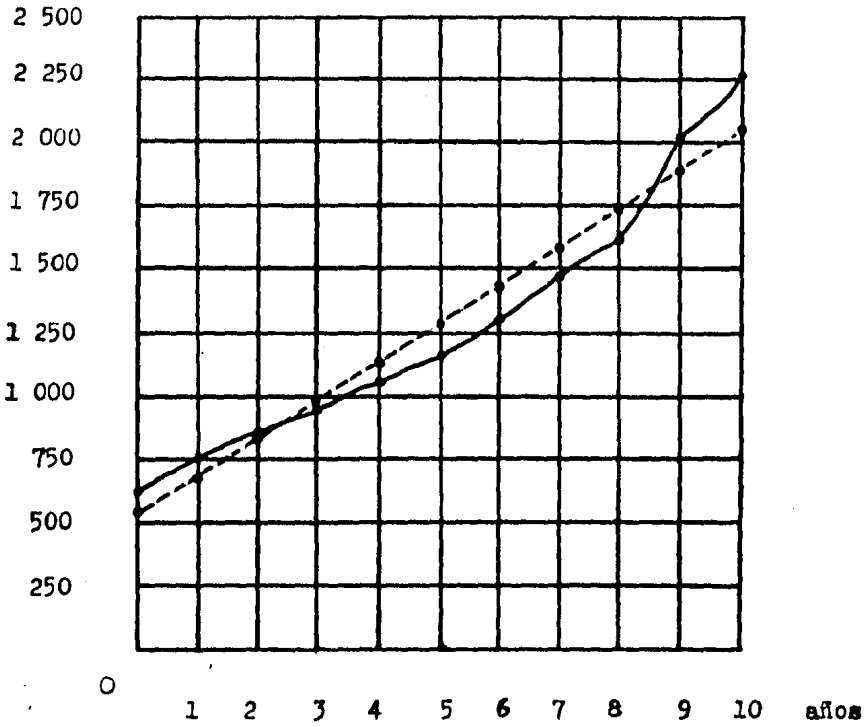
(ver fig. # 1.1.1)

c).- Método Econométrico :

Consiste en formular las relaciones matemáticas (modelos) que expresan la dependencia entre la evolución del tránsito aéreo y de los factores de que se trate, y comprobar la validez de dichas relaciones por medios estadísticos.

Hasta ahora la previsión econométrica ha sido utilizada principalmente en los países avanzados. Ello se debe, hasta cierto punto, al hecho de que dichos países suelen ser los que están mejor equipados para llevar a cabo este tipo de previsión. Sin embargo, también parece que las actuales técnicas de previsión econométrica se ajustan mejor a la situación del transporte aéreo en los países altamente desarrollados que en los países en vías de desarrollo. En un país desarrollado el mercado del transporte aéreo está integrado por una amplia gama de usuarios, que en gran proporción pertenecen al país objeto del estudio. Las condiciones económicas y sociales imperantes en dichos países están, en consecuencia, muy re

Millares de pasajeros



Curva graficada



Línea de la ecuación (método de los cuadrados mínimos)

Tabulación:

X	Y
0	529.77
1	681.27
2	832.77
3	984.27
4	1 135.77
5	1 287.27
6	1 438.77
7	1 590.27
8	1 741.77
9	1 893.27
10	2 044.77

Fig. # 1.1.1

lacionados con la evolución del tránsito. En muchos países o regiones en vías de desarrollo una gran proporción del mercado viene representada por extranjeros (turistas y expatriados) o expedidores extranjeros, mientras que el mercado interior puede estar integrado por un número relativamente reducido de grandes consumidores de los servicios de transporte aéreo. En estas circunstancias, la mayor parte de los métodos actuales de previsión econométrica no podrían aplicarse directamente y la proyección de tendencias u otros métodos pueden resultar más fructíferos.

d).- Las Encuestas de Mercado :

Son métodos utilizados para obtener datos primarios de las fuentes de demanda de instalaciones aeroportuarias en base a los propios usuarios. Las encuestas son probablemente el único método idóneo para aplicación universal, y las encuestas de los pasajeros, expedidores y líneas aéreas pueden constituir un instrumento muy valioso para el planificador de aeropuertos. Sin embargo, las encuestas satisfactorias y bien fundamentadas dependen de cuestiones estructuradas apropiadamente, de la eliminación de distorsiones y finalmente sobre todo, de la competencia de quienes organicen y lleven a efecto las encuestas. Son también caras relativamente y del mercado han sido utilizadas: Directamente en el proyecto de aeródromos ; para reducir las distorsiones subjetivas de otros métodos de pronosticación, verificando las teorías ; y como base para la pronosticación del tránsito aeroportuario.*

Para países en vías de desarrollo, una forma de abordar la cuestión consiste en basar los pronósticos en estudios de mercado incluyendo el exámen de la evolución de la estructura de la actividad económica del país, su política en materia de turismo y la estructura del comercio.

* Manual de Previsión del Tráfico Aéreo, primera edición, publicación de la OACI.

1.c PLAN MAESTRO

Las demandas de la región donde se emplazará el aeropuerto nos crearán la situación de generación de un Plan Maestro, el cual consiste en un documento gráfico y escrito, donde se da la forma y tamaño que con los conocimientos actuales tendrá el aeropuerto al final de un horizonte de proyección. Es decir, que con los conocimientos actuales se proyecte un puerto aéreo para una futura demanda de servicio, por lo cual debe de ser flexible, para que pueda adaptarse a los cambios tecnológicos ó de otra índole que se presenten en el futuro.

El Plan Maestro, tiene las siguientes aplicaciones:

- a) Promoción.- Indica por etapas la manera de sacar dinero del aeropuerto.
- b) Financiamiento.- También por etapas, cuáles son las erogaciones que deben de realizarse en el término indicado.
- c) Rentabilidad.- Posibles costos para poder establecer rutas de las diferentes áreas o instalaciones del aeropuerto.
- d) Conservación.- Indica una verdadera programación para la conservación de todos los equipos, construcciones e instalaciones.
- e) Administración.- El administrador, podrá establecer por etapas los ingresos y erogaciones.
- f) Nuevas Construcciones.- Se podrán planear las obras nuevas que requiera el aeropuerto.

Por lo cual contiene los siguientes puntos:

- 1.- Número y longitud de pistas.
- 2.- Red de calles de rodaje.
- 3.- Número de posiciones simultáneas en plataforma y tipos de

aviones.

- 4.- Número de compañías de aviación.
- 5.- Número de posiciones de atención a los pasajeros.
- 6.- Salas de espera.
- 7.- Longitud de acera.
- 8.- Estacionamientos de automóviles y red vial.
- 9.- Características de caminos de acceso.
- 10.- Características del control de tránsito aéreo.
- 11.- Torre de control.
- 12.- Terrenos.
- 13.- Combustibles.
- 14.- Hangares.
- 15.- Aviación general, militar.
- 16.- Etc.....

El Plan Maestro, debe hacerse notar que se realiza en base a una demanda esperada en un lapso de tiempo determinado, esta demanda debe ser lo más apegada posible a la realidad, ya que se nos pueden presentar 3 situaciones:

- a) Que nos salga por encima de la demanda real, lo cual repercutiría en una pérdida económica.
- b) Que sea parecida, sería lo más correcto.
- c) Que esté por debajo de la demanda real, lo cual repercutiría en una insuficiencia del aeropuerto.

Es imposible predecir con seguridad la demanda real, por lo cual el - Plan Maestro debe ser flexible para poder amoldarlo según la demanda que se nos presente en el futuro, este reajuste se realiza por etapas, en las cuales se establece una retroalimentación de los diferentes puntos indicados - anteriormente.

2 ETAPAS PRINCIPALES PARA EL EMPLAZAMIENTO DE UN AEROPUERTO

Las etapas principales para el emplazamiento de un aeropuerto, son:

- a.- Forma y dimensiones del área necesaria.
- b.- Zonas con posibilidades de ampliación.
- c.- Examen y evaluación.

2.a DETERMINACION DE LA FORMA Y DIMENSIONES DEL AREA.

Para la determinación de la forma y dimensiones del área necesaria es básicamente útil conocer la longitud, ancho, etc., de las pistas, así como el estudio del análisis de viento de dicho lugar, ya que el primero es la base fundamental de un aeropuerto y el segundo para el buen comportamiento de una aeronave en su trabajo de despegue y aterrizaje.

2.a.1 PISTAS

Para el emplazamiento de un aeropuerto es necesario determinar la extensión del terreno que probablemente se necesitará.

Como las pistas constituyen la mayor parte del terreno de un aeropuerto y son la clave del mismo, se deben examinar antes que nada los siguientes términos:

Aeródromo.- Área definida de tierra o de agua (que incluye todas sus edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en la superficie de aeronaves.

Pistas.- Área rectangular definida en un aeródromo terrestre, libre de obstáculos y que esta comprendida dentro de franjas, con el mismo eje longi-

tudinal, siendo áreas despejadas, en las que se efectúan operaciones aeronáuticas, o sea los movimientos relacionados con el aterrizaje y despegue de los aviones.

Es imprescindible que al proyectarse las pistas se tengan en cuenta las características operacionales y físicas de los aviones que habrán de utilizar las pistas, a la par que consideraciones de ingeniería y de orden económico.

Muchos factores intervienen en la determinación del emplazamiento, orientación y números de pistas. Entre los principales factores cabe señalar los siguientes*:

- a) Las condiciones meteorológicas (sobre todo el coeficiente de utilización, que viene determinado por la distribución de los vientos y por la presencia de nieblas localizadas).
- b) La topografía del emplazamiento del aeródromo y del terreno circundante.
- c) El tipo y volumen del tránsito aéreo al que se habrá de prestar servicio, incluso los aspectos de control del tránsito aéreo.
- d) Cuestiones relacionadas con el funcionamiento de los aviones.
- e) Cuestiones relacionadas con el medio ambiente, principalmente el ruido.

Desarrollo de los incisos anteriores:

- a) El número y orientación de las pistas de un aeródromo deben ser tales que el coeficiente de utilización de él, no sea inferior al 99% para los aviones que el aeródromo este destinado

* Manual de Proyecto de Aerodromos, parte 1, Pistas, 2a. edición, publicación de la OACI.

a servir, esto es, que el cálculo del coeficiente de utilización debe basarse en estadísticas confiables de la distribución de los vientos que abarquen un período tan largo como sea posible, preferentemente no menor de 5 años.

- b) Todas las pistas deben orientarse de modo que además de estar basadas en los vientos predominantes, orientarse con el propósito de que las zonas de aproximación y de despegue se encuentren libres de obstáculos, preferentemente que las aeronaves no vuelen directamente sobre zonas pobladas.
- c) Es preciso disponer de un número suficiente de pistas para atender las necesidades del tránsito aéreo, a saber número de aviones, mezcla de tipos de ellos y mezcla de llegadas y salidas, que habrán de atenderse en la hora punta. El número de pistas depende algunas veces de la magnitud del área disponible para el desarrollo del aeropuerto.
- d) Cuando se elija el emplazamiento de una nueva pista de vuelo por instrumentos, es necesario prestar especial atención a las áreas sobre las cuales, deben volar los aviones cuando sigan procedimientos de aproximación por instrumentos y de aproximación frustada, a fin de asegurarse que en la presencia de obstáculos situados en estas áreas u otros factores no restrinjan la operación de los aviones a cuyo uso se destine la pista.
- e) Las pistas se deben encontrar alejadas de la contaminación, de la flora y de la fauna perjudiciales al aeropuerto.

Por regla general, las pistas y las calles de rodaje deben de disponerse de tal manera que:

- 1) Proporcionen una adecuada separación en la configuración del tránsito aéreo.
- 2) Causen la menor interferencia y demora en el aterrizaje, rodaje y en las operaciones de despegue.
- 3) Proporcionen el menor recorrido posible desde el área terminal

hasta las cabeceras de pista.

- 4) Estén provistas de las adecuadas calles de rodaje de tal manera que el avión que aterriza puede abandonar las pistas tan rápido como sea posible y pueda recorrer el espacio hasta llegar al área terminal en el menor tiempo posible*.

2.a.1.a CONFIGURACIONES DE PISTAS.

Existen muchas configuraciones de pistas; la mayor parte de ellas son combinaciones de configuraciones básicas y éstas son:

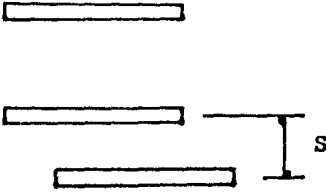
- 1) Pista única.
- 2) Pistas paralelas.
- 3) Pistas que se cortan.
- 4) Pistas en V abierta.

1) Pista única.- Es la más simple de las configuraciones de pista (ver figura 2.1). Se ha estimado que la capacidad horaria de una pista única en condiciones VFR, se encuentra entre las 45 y 100 operaciones por hora mientras que en condiciones IFR la capacidad se reduce a 40 ó 50 operaciones, dependiendo de las distintas combinaciones y de las ayudas a la navegación disponibles.

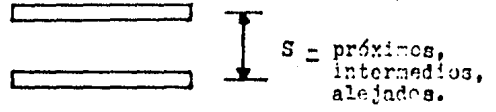
2) Pistas paralelas.- Las capacidades de los sistemas de pistas paralelas dependen en gran parte del número de ellas y de la separación entre las mismas. Resulta común el conjunto de 2 y 4 pistas paralelas (ver fig. 2.1.) A efectos de capacidad la separación entre pistas se clasifica en "próximas", "intermedias" y "alejadas". Las pistas paralelas próximas están separadas por lo menos 210m. (para aeropuertos dedicados a la aviación comercial) hasta un máximo 1,050m. Bajo condiciones IFR una operación en una pista depende de la operación que se esté realizando en la -

* Manual de Proyecto de Aeródromos, parte 1, Pistas, 2a. edición, publicado por la OACI.

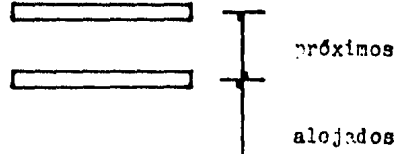
PISTA UNICA



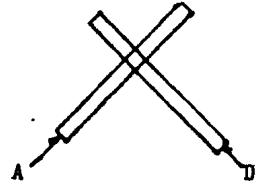
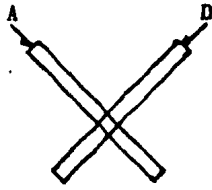
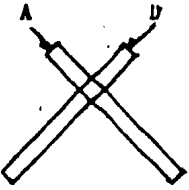
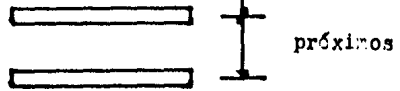
2 PISTAS PARALELAS CON UMBRALES AL MISMO NIVEL



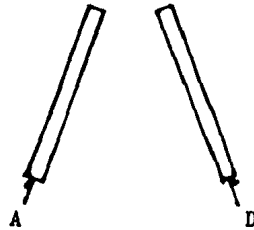
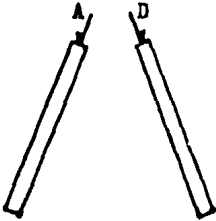
2 PISTAS PARALELAS CON UMBRALES A DISTINTO NIVEL



4 PISTAS PARALELAS



PISTAS QUE SE CORTAN



PISTAS EN V ABIERTA

(FIG. # 2.1)

otra. Las pistas paralelas con separación intermedia van desde 1,050 m., - hasta un máximo de 1,500 m. Bajo condiciones IFR, una llegada en una pista es independientemente de una salida a la otra. Las pistas paralelas alejadas están separadas 1,500 m. o más, bajo condiciones IFR las 2 pistas pueden operar independientemente tanto para llegadas como para salidas.

3) Pistas que se cortan.- Este tipo de pistas son necesarias - cuando soplan vientos relativamente fuertes desde más de una dirección, ya que se producen excesivos vientos cruzados en el caso de existir una sola - pista.

Cuando los vientos son fuertes, puede utilizarse solamente una pista de las 2 que se cortan, reduciéndose substancialmente la capacidad del aeródromo. Si los vientos son ligeros, pueden utilizarse simultáneamente ambas pistas. La capacidad de 2 pistas que se cortan depende en gran parte de la situación del punto de intersección (por ejemplo, en el centro ó en los extremos) y de la forma en que las pistas son utilizadas, lo que se conoce como estrategia (despegue o aterrizaje)(ver fig. 2.1.) Cuanto más lejos esté si tuada la intersección de la cabecera de despegue y del umbral de entrada, más baja es la capacidad. La mayor capacidad se consigue cuando la intersección esta cerca de la cabecera de pista para el despegue y del umbral de entrada. En la estrategia que se muestra en la capacidad horaria es de 60 a 70 operaciones en condiciones IFR y de 70 a 75 en condiciones VFR, dependiendo de las combinaciones del avión.

Siempre que sea posible, se debe evitar que las pistas se corten para evitar accidentes.

4) Pistas en V abierta.- Las pistas en direcciones divergentes y que no se cruzan reciben el nombre "pista en V abierta"; es la configuración que se muestra en la fig. 2.1. Al igual que las que se cortan, las - pistas en V abierta, se reducen a una pista única cuando los vientos en una dirección son fuertes; cuando son ligeros pueden utilizarse simultáneamente

ambas pistas. La estrategia que ofrece la mayor capacidad, es aquella en la que las operaciones se efectúan saliendo del vértice de la V. En condiciones IFR, la capacidad horaria para ésta estrategia varía de 60 a 70 operaciones dependiendo de la combinación de aviones y en condiciones VFR las cifras correspondientes son de 80 a 200. Cuando las operaciones se realizan hacia el vértice de V, la capacidad horaria se reduce de 50 a 60 operaciones en IFR y de 50 a 100 en VFR.*

*Planning and design of Airports, por Robert Horonjeff, 2a. edición,
editorial Mc. Graw-Hill.

2.a.1.b RELACION ENTRE EL AREA TER-
MINAL Y LAS PISTAS.

El punto clave para llegar a obtener una buena configuración en un aeropuerto, es el de conseguir que las distancias que el avión tiene que recorrer por las calles de rodaje desde el área terminal hasta las cabeceras de pista para el despegue, sean lo más cortas posibles, al igual que las distancias a recorrer despues del aterrizaje (ver fig. # 2.2).

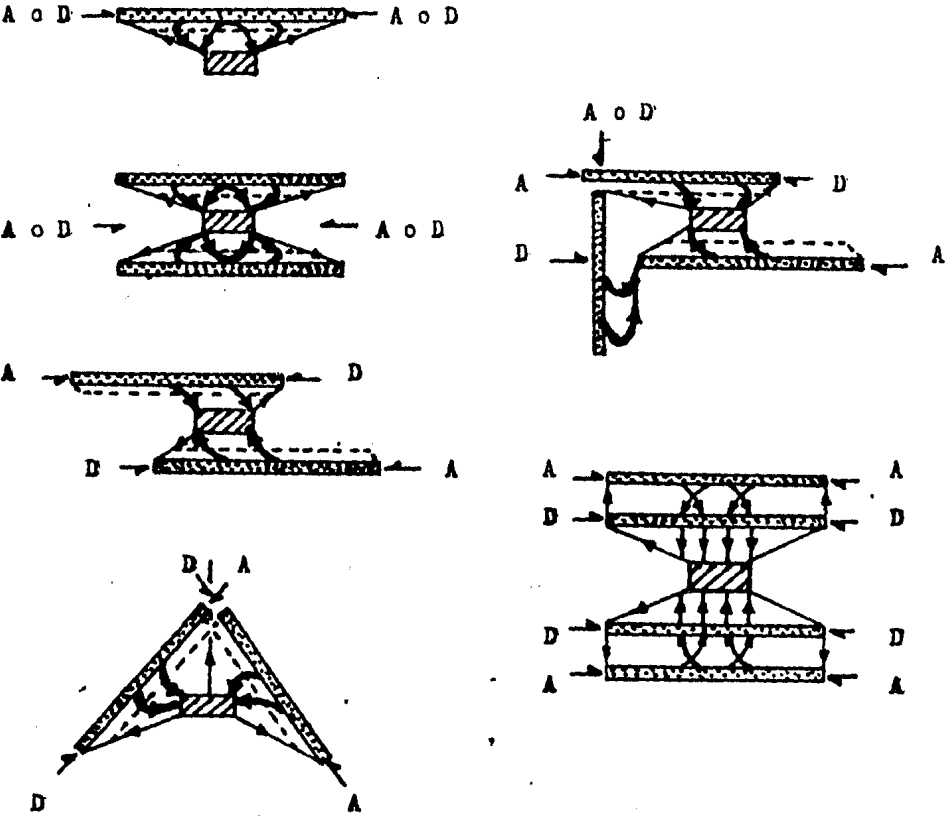
Los esquemas solo intentan demostrar los principios que gobiernan la configuración de un aeropuerto, son únicamente ejemplos.

2.a.1.c. NORMAS PARA EL TRAZADO DE UN
AEROPUERTO

Con objeto de proveer a los proyectistas de aeropuertos de una serie de pautas y de una uniformidad de criterios en lo que a las instalaciones de - aterrizaje de un aeropuerto se refiere, la OACI (Organización de la Aviación Civil Internacional) y la FAA (Federal Aviation Administration) han preparado una serie de normas para su trazado.

La OACI se esfuerza en conseguir uniformidad y seguridad a nivel internacional. Sus normas se aplican a todas las naciones miembros firmantes del Convenio de Aviación Civil Internacional y se han publicado como anexo 14 de dicho convenio (México es uno de ellos).

Las normas de la FAA suministran uniformidad dentro de los E.U.A., a las instalaciones aeroportuarias y sirven de guía a las fábricas de aviones y compañías con respecto a los medios de que se espera disponer. Por esta razón, esta tesis se basa predominantemente en las normas de la OACI, que como se dijo anteriormente, México pertenece a esta asociación de acuerdo al Convenio efectuado en Chicago en 1946.



- Calles de rodaje para partida de aeronaves —————
- Calles de rodaje para llegada de aeronaves —————
- Unión entre calles de rodaje paralelas - - - - -
- Area terminal - - - - -
- Pista - - - - -
- D .- Despegue
- A .- Aterrizaje

(Fig. 7 2.2)

2.a.1.d CLAVE DE REFERENCIA DE AERODROMO

El propósito de la clave de referencia es proporcionar un método simple para relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeródromos.

La clave de referencia de aeródromo - número y letra de clave - que se seleccione para fines de planificación del aeródromo, se determinará de acuerdo con las características de los aviones para los que se destine la instalación del aeródromo. Además, los números y letras de referencia de aeródromo tendrán los significados que se les asigna en la tabla # 2.

La longitud de campo de referencia del avión, se define como la longitud de campo mínima necesaria para el despegue con el peso máximo homologado de despegue al nivel del mar, atmósfera tipo, sin viento y con pendiente de pista cero, como se indica en el correspondiente manual de vuelo del avión, prescrito por la autoridad que otorga el certificado, según los datos equivalentes que proporcione el fabricante del avión. Los datos de aviones representativos (longitud de campo de referencia del avión, envergadura y anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal.) son los que se registran en la tabla # 3 (observar, primeramente fig. # 2.2.1).

2.a.1.e LONGITUD DE PISTA

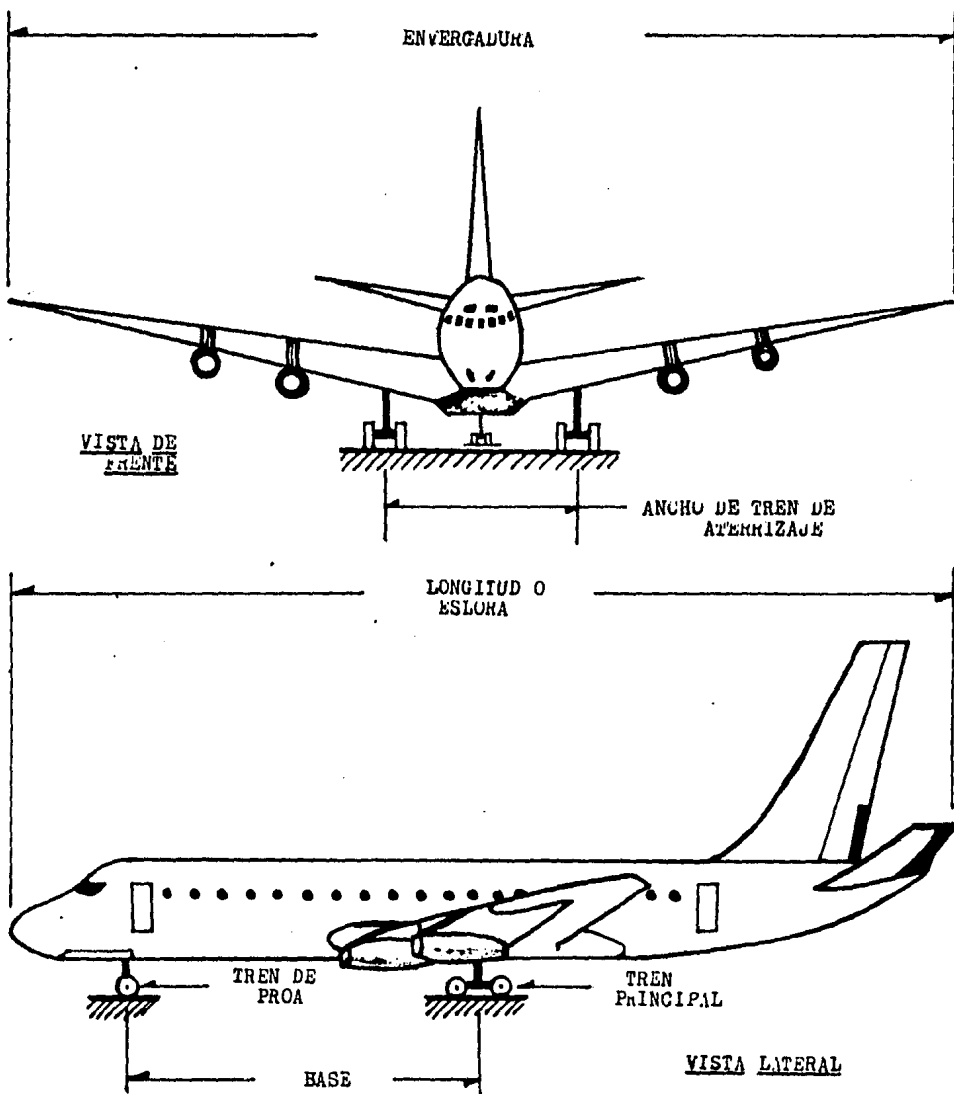
Los factores que influyen en la longitud de pista que habrá de facilitarse, son los siguientes :

a) Características de ejecución y masas de operación de los aviones a los que prestará servicio.

b) Condiciones meteorológicas, principalmente viento y temperatura en la superficie.

(TABLA # 2)

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE 1			ELEMENTO 2 DE LA CLAVE	
Núm. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura ext. entre ruedas del tran de aterrizaje principal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800m.	A	Hasta 15 m, (inclusive)	Hasta 4.5 m. (inclusive)
2	Desde 800 hasta 1,200 m. (inclusive)	B	Desde 15 hasta 24 m. (inclusive)	Desde 4.5 m. - hasta 6m. (inclusive)
3	Desde 1,200 hasta 1,800 m. (inclusiva)	C	Desde 24 hasta 36m. (inclusive)	Desde 6 hasta 9 m. (inclusive)
4	Desde 1,800 m. en adelante.	D	Desde 36 hasta 52 m. (inclusive)	Desde 9 hasta 14 m. (inclusive)
		E	Desde 52 hasta 60 m. (inclusive)	Desde 9 hasta 14 m. (inclusive)



(Fig. # 2.2.1)

CARACTERISTICAS DE LAS PRINCIPALES AERONAVES DE TRANSPORTE

<u>Aeronave</u>	<u>Fabricante</u>	<u>Envergadura (4)</u>	<u>Longitud (4)</u>	<u>Peso estructural máximo de despegue (Kg.) *</u>	<u>Peso máximo de aterrizaje (Kg.) *</u>	<u>Núm. y tipo (1) de motor</u>	<u>Carga útil (2)</u>
Dc-9-80	Douglas	32,8	45,0	66,680	58,060	2TF	135-169
Dc-8-61	Douglas	45,2	57,1	147,420	108,864	4TF	196-259
Dc-8-62	Douglas	45,2	47,2	158,760	108,864	4TF	189
Dc-8-63	Douglas	45,2	57,1	161,028	117,029	4TF	196-259
Dc-10-10	Douglas	47,3	55,5	191,048	164,884	3TF	270-345
Dc-10-30	Douglas	49,2	55,3	251,748	182,800	3TF	270-345
737-200	Boeing	28,3	30,5	45,587	44,453	2TF	86-125
727-200	Boeing	32,9	46,7	76,658	68,040	2TF	134-163
707-320B	Boeing	43,4	46,6	151,321	97,610	4TF	141-189
747B	Boeing	59,7	69,8	351,540	255,830	4TF	362-490
747SP	Boeing	59,7	53,8	294,840	204,120	4TF	288-364
L-1011	Lockheed	47,3	53,7	195,048	162,388	3TF	256-330
Super VC-10	BAC (3)	42,7	52,3	151,956	107,503	4TF	100-163
A-300	Airbus Industrie	44,8	53,6	136,987	127,507	2TF	225-345
Concorde	BAC Aerospatiale	25,5	61,6	176,450	108,864	4T	108-128
Iyushin-62	URSS	43,2	53,1	161,935	105,235	4TF	168-186
Tupolev-154	URSS	37,5	47,9	90,000	84,000	3TF	128-158

- 1) T significa turborreactor; TF significa turbofán.
- 2) Número aproximado de pasajeros; depende de la configuración de los asientos y de la situación de las cocinas de a bordo.
- 3) British Aircraft Corporation.
- 4) Dimensiones en metros.

* En miles.

(TABLA # 3)

c) Características de la pista tales como pendiente y estado de la superficie.

d) Elevación del aeropuerto (que incide en la presión barométrica) y limitaciones topográficas.

Cuanto mayor sea el viento de frente que sopla en una pista, más corta será la longitud de pista que requerirá un avión para despegar o aterrizar y, al inversa, un viento de cola aumenta la longitud de pista requerida. Cuando más elevada sea la temperatura, mayor longitud habrá de tener la pista requerida, porque las temperaturas elevadas se traducen en densidades menores del aire, factor que reduce el empuje producido, así como la sustentación. Un avión que despegue en una pendiente ascendente requiere una mayor longitud de pista que si ésta se encontrase a nivel o tuviese una pendiente descendente, la longitud requerida dependerá de la elevación del aeropuerto y de la temperatura. Cuando mayor sea la elevación del aeropuerto mayor longitud habrá de tener la pista requerida. La longitud que tendrá la pista puede verse limitada por el perímetro del terreno o por factores topográficos tales como montañas, el mar o valles profundos.

La introducción de zonas de parada y de zonas libres de obstáculos, y la utilización de umbrales desplazados en las pistas, han creado la necesidad de disponer de información precisa que se ha de declarar con respecto a las diferentes distancias disponibles y adecuadas para el aterrizaje y el despegue de los aviones. Para poner de manifiesto esta necesidad con un sentido inteligible, se emplea el término "Distancias declaradas" y son las cuatro distancias siguientes asociadas con una pista determinada :

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

B) Longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud

de la zona libre de obstáculos, si la hubiera.

C) Distancia de aceleración - parada disponible (ASDA), es decir, la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de zona de parada, si la hubiera.

D) Distancia de aterrizaje disponible (LDA), es decir la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que aterrice.

Para mayor entendimiento de dichas distancias, observar figuras # 2.3 y # 2.4* .

Las pistas se identifican normalmente mediante los siguientes elementos principales :

- 1.- El pavimento estructural que soporta el peso del avión.
- 2.- Los márgenes adyacentes al pavimento estructural, proyectados para resistir la erosión debida al chorro de los reactores y para alojar la circulación de los equipos de mantenimiento y el servicio de patrulla.
- 3.- La franja de pista, que incluye el pavimento estructural, los márgenes, y una área que sea despejado, drenado y nivelado. Dicha área debe soportar el peso de los equipos de incendio, de salvamento y de remoción de la nieve en condiciones normales, así como también proporcionar soporte a las aeronaves en caso de que salgan del pavimento.
- 4.- El sector contra chorros, que es una área destinada a evitar la erosión de las superficies adyacentes, a los extremos de las pistas que están sujetas al prolongado o repetido chorro de los reactores. Esta área, esta pavimentada o cubierta por

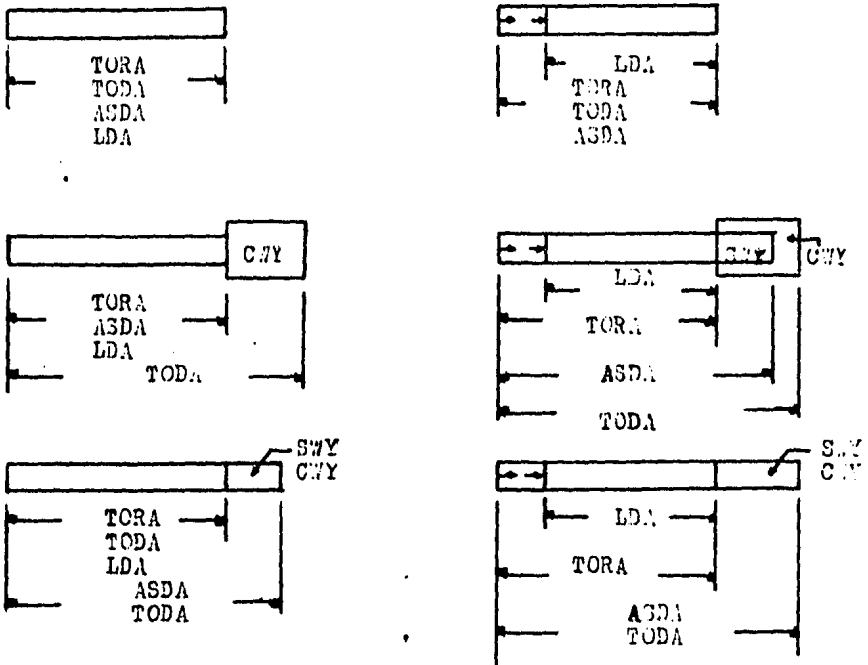


Fig. # 2.3 (Distancias declaradas)

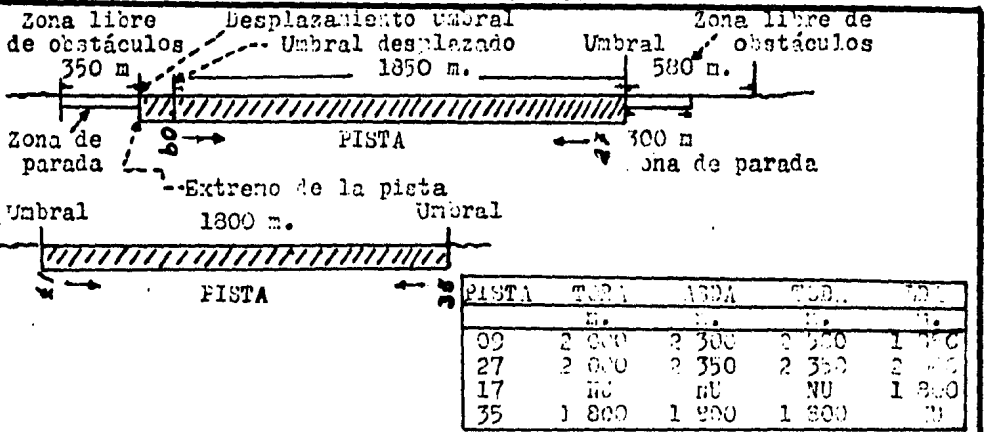


Fig. # 2.4 (Determinación de las distancias declaradas)

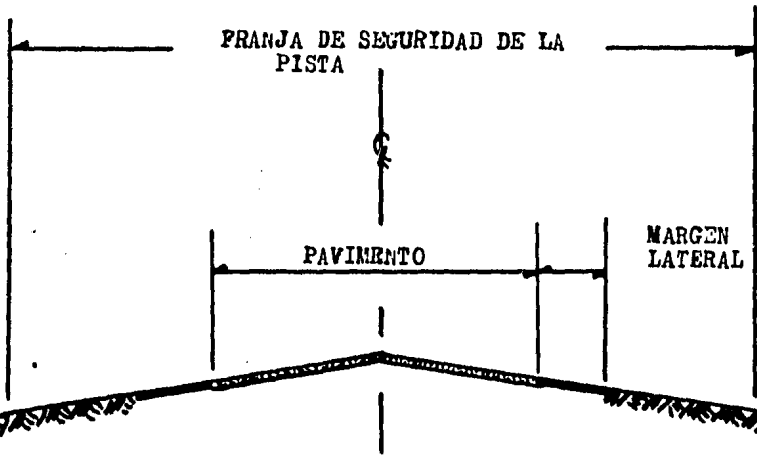
césped.

- 5.- El área de seguridad, del extremo de pista, es una área destinada a reducir los accidentes de las aeronaves que hacen aterrizajes demasiado cortos o que rebasan la pista.
- 6.- Una zona de parada, es una longitud adicional de pavimento, que se prolonga rebasando el extremo de la pista.
- 7.- Una zona libre de obstáculos, es una zona no pavimentada situada más allá del extremo de la pista (ver fig. # 2.5) .

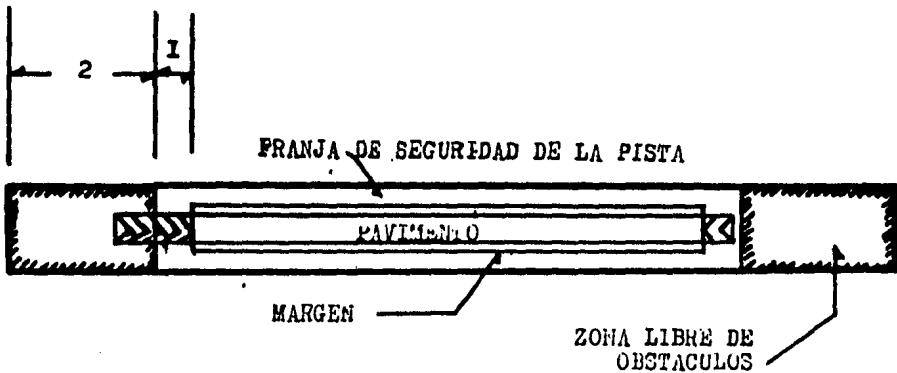
La longitud verdadera de toda pista principal debe de ser adecuada para satisfacer los requisitos operacionales de los aviones, para los que se proyecta la pista, la cual no debe de ser menor que la longitud más larga, determinada por la aplicación de las operaciones a las correcciones correspondientes en condiciones locales y a las características de comportamiento de los aviones que tengan que utilizarla.

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

Entre las condiciones locales que pueden considerarse, figuran la elevación, temperatura, pendiente de la pista, humedad y características de la superficie de la pista.



"SECCION TRANSVERSAL DE UNA PISTA"



"VISTA EN PLANTA DE UNA PISTA"

- 1 La experiencia ha demostrado que debe de ser del orden de los 60 m., excepto para los aviones de fuselaje ancho, que puede llegar hasta los 120 m.*
- 2 Se desea disponer una franja de mayor longitud hasta 240 m. más alla de la franja de seguridad normal, para reducir los accidentes cortos o de rebaso de pistas.

(Fig. # 2.5)

* PLANNING AND DESIGN OF AIRPORTS, por Robert Heronjoff, Ca. ed., editorial Mc. Graw-Hill.

2.a.1.e.1 LONGITUD DE PISTA POR MEDIO DE LA APLICACION DE LOS COEFICIENTES DE CORRECCION

Cuando no se conocen los datos sobre el comportamiento de los aviones para los que se destine la pista, se utiliza este método que consiste en determinar la longitud de pista tanto por elevación, temperatura y pendiente.

Primeramente, del manual del avión crítico se toma su longitud básica, que es la que va a atender los requisitos operacionales de los aviones para los que está prevista la pista. Esta longitud básica es la longitud de pista seleccionada a los fines de planificación de aeródromos, que es necesaria para el despegue o el aterrizaje en condiciones correspondientes a la atmósfera tipo, a la elevación cero, con viento y pendiente de pista nulos.

La longitud básica debe aumentarse a razón del 7% por cada 300 m. de elevación, la cual nuevamente debe aumentarse a razón del 1% por cada 1°C en que la temperatura de referencia del aeródromo exceda a la temperatura de la atmósfera tipo, correspondiente a la elevación del aeródromo.

La temperatura de referencia se obtiene con la siguiente fórmula:

$$T_{\text{ref.}} = X_{\text{mensual}} \left(\text{de las temperaturas máximas diarias correspondientes al mes más caluroso del año, siendo el mes más caluroso aquél que tiene la temperatura media mensual más alta*} \right).$$

Las temperaturas medias y máximas se obtienen con observaciones diarias del lugar donde se construirá la pista, cuando menos durante 5 años. Sin embargo, si la corrección total por elevación y temperatura fuera superior al 35%, las correcciones necesarias deben obtenerse mediante un estudio al efecto, puesto que las características operacionales de determinados aviones pueden indicar que no son adecuadas éstas constantes de corrección.

* Se recomienda hacer observaciones mayores de 5 años.

Cuando la longitud básica determinada por los requisitos del despegue sea de 900 ó más, dicha longitud debe a su vez aumentarse a razón de un 10% por cada 1% de pendiente efectiva de pista.

Ejemplo # 1.

a) Datos*:

- 1) Longitud de pista requerida para aterrizar a nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo 2,100 m.
- 2) Longitud de pista requerida para despegar en un emplazamiento plano situado al nivel del mar en condiciones de atmósfera tipo 1,700 m.
- 3) Elevación del aeródromo 150m.
- 4) Temperatura de referencia del aeródromo 24°C.
- 5) Temperatura a 150 m. en la atmósfera tipo 14.025°C.
- 6) Pendiente de pista 0.5%

b) Correcciones de la longitud de pista para el despegue:

- 1) Longitud de pista para el despegue corregida por elevación.

$$\left[1,700 \times 0.07 \times \frac{150}{300} \right] + 1,700 = 1,760 \text{ m.}$$

- 2) Longitud de pista para el despegue corregida por elevación y temperatura (para obtener la temperatura en la atmósfera tipo, ver tabla # 4).

$$\left[1,760 \times (24 - 14,025) \times 0.01 \right] + 1,760 = 1,936 \text{ m.}$$

- 3) Longitud de pista para el despegue corregida por elevación, temperatura y pendiente.

$$\left[1,936 \times 0.5 \times 0.10 \right] + 1,936 = 2,035 \text{ m.}$$

c) Corrección de la longitud de pista para el aterrizaje.

Longitud de pista para el aterrizaje corregida por eleva-

* Datos tomados del MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS, parte 1, Pistas, 2a. edición, publicado por la OACI.

ATMOSFERA TIPO (*)

Altitud (m.)	Temperatura (°C)	Presión (mm. Hg.)	Velocidad del sonido (m./seg.)
0	15.0	760.0	340.29
300	13.0	733.3	339.14
600	11.1	707.5	337.98
900	9.1	682.3	336.82
1 200	7.2	657.9	335.65
1 500	5.2	634.2	334.49
1 800	3.3	611.2	333.31
2 100	1.3	588.9	332.14
2 400	- 0.6	567.2	330.96
2 700	- 2.5	546.2	329.77
3 000	- 4.5	525.8	328.58
3 300	- 6.4	506.1	327.38
3 600	- 8.4	486.9	326.18
3 900	- 10.3	466.4	324.98
4 200	- 12.3	450.4	323.77
4 500	- 14.2	433.0	322.56
4 800	- 16.2	416.1	321.34
5 100	- 18.1	399.8	320.12
5 400	- 20.1	384.0	318.89
5 700	- 22.0	368.7	317.66
6 000	- 24.0	353.9	316.43

(*) Adoptada en 1962.

Tabla # 4

ción.

$$\left[2,100 \times 0.07 \times \frac{150}{300} \right] + 2,100 = 2,175 \text{ m.}$$

d) Longitud efectiva de la pista = 2,175 m.

. Como se pudo observar, se tomó la longitud de pista mayor, de entre las dos obtenidas.

2.a.1.e.2 LONGITUD DE PISTA POR MANUAL DE VUELO

Antes de poder entrar al desarrollo de este método, debemos tener idea de lo que es el peso de despegue real, el cual por medio de la fig. 2.6, lo visualizaremos.

Del cual podemos concluir que:

Peso de aterrizaje = Peso de despegue - Peso del combustible de vuelo.

Peso de operación = Peso de operación seco + Peso del combustible

Peso en plataforma = Peso de operación + Carga pagada

La longitud de pista se determinará a base de un vuelo del aeropuerto al cual se diseñará la pista, a otro aeropuerto. Y los pasos son los siguientes . *

- a.- Obténgase el peso en vacío de la aeronave.
- b.- Determinése la carga útil.
- c.- Determinése la reserva de combustible.
- d.- Añádase los puntos a, b y c. Este es el peso de aterrizaje de la aeronave en la ciudad B o sea el segundo aeropuerto. Este peso no debe exceder del peso estructural máximo de aterrizaje de la aeronave.

* Manual de Planificación de Aeropuertos, parte 1, Planificación General, 1 era edición, publicado por OACI.

Peso total de combustible	Peso de combustible de rodaje	<u>Peso en plataforma</u>
	Peso del combustible de vuelo al aeropuerto destino	<u>Peso de despegue</u>
	Peso del combustible de reserva	<u>Peso de aterrizaje</u>
Carga de paga	Pasajeros	<u>Peso cero de combustible</u>
	Equipajes	
	Correo	<u>Peso operación seco</u>
	Carga	
	Comisariato	
Tripulaciones	<u>Peso básico</u>	
Equipo de cocina		
Equipos de rescate	<u>Peso vacío</u>	
Equipos de navegación		
Equipo de cabina de vuelo	0	
Aceite de motores		
Fluidos excepto aceite		
Motores y combustibles		
Fuselaje		
Alas, tren de aterrizaje		
Asientos		

(Fig. # 2.6)

e.- Calcúlese el combustible necesario para el ascenso, crucero y descenso.

f.- El peso de la aeronave se obtiene añadiendo el punto e al d. El total así obtenido no debe exceder del peso estructural máximo de despegue de la aeronave.

g.- Determinése la temperatura, el viento en la superficie, la pendiente de la pista y la altitud del aeropuerto de salida.

h.- Con los datos señalados en los puntos f y g, y utilizando el manual de vuelo, aprobado para la aeronave en cuestión, determinése la longitud de pista.

Ejemplo # 2 :

Utilizando un Boeing 707-320 B para hacer un vuelo de 3 000 millas marinas, entre los aeropuertos "A" y "B", calcúlese la longitud de pista del aeropuerto "A".

a) Datos * :

Altitud de crucero	31 000 pies
En ruta, ascenso y descenso	condiciones normales
Viento de frente durante el crucero	20 nudos
Velocidad	0.82 Mach
	$\text{Mach} = \frac{\text{vel. avión}}{\text{vel. sonido}}$
Altitud del aeropuerto	al nivel del mar
Viento en la superficie del aeropuerto	nulo
Pendiente de la pista	a nivel
Temperatura del aeropuerto	90° F

* Datos tomados del MANUAL DE PLANIFICACION DE AEROPUERTOS, parte 1, Planificación Gral., 1era edición, publicado por la OACI.

Peso de utilización en vacío	135 000 libras
Carga Útil	36 000 libras
Reserva de combustible	12 000 libras

b) Desarrollo :

1er. Paso :

El peso de utilización en vacío es de 135 000 libras.

2do. Paso :

La carga útil es de 36 000 libras.

3er. Paso :

La reserva de combustible es de 12 000 libras.

4to. Paso :

El peso de aterrizaje es igual a $135\ 000 + 36\ 000 + 12\ 000 = 183\ 000$ libras , dicho peso no excede del peso de aterrizaje es estructural máximo, que es de 215 000 libras (ver tabla # 3) (97 610 kg.).

5to. Paso :

El combustible necesario para ascender a la altitud de crucero pesa 10 050 libras; para descender al aeropuerto, 1 200 libras y para viajar en crucero a la altitud de 31 000 pies, a una velocidad de Mach de 0.82, 75 000 libras. (Estos datos se obtuvieron del manual de vuelo del avión referido). El combustible total consumido es igual a $10\ 050 + 75\ 000 + 1\ 200 = 86\ 250$ libras.

6to. Paso :

El peso de despegue es igual a $183\ 000 + 86\ 250$ que es igual a 269 250 libras < 333 600 libras (por lo cual, esta bien).

7mo. Paso :

Las condiciones del aeropuerto son las indicadas al enunciar el problema.

Bvo. Paso :

Utilizando el manual de vuelo aprobado para el Boeing 707-320 B (avanzado), verifíquese si el peso limitado de ascenso es menor de 269 250 libras. En este caso no lo es, por lo que puede determinarse la longitud del aeropuerto, utilizando las condiciones del mismo citadas al enunciar el problema; por lo tanto la longitud de pista requerida es de 7 000 pies .

2.a.1.f. ANCHO DE PISTA

El ancho de pista se determina según:

- a.- El tipo de avión.
- b.- El tipo de operación (VFR o IFR).

El cual se fija por especificación del fabricante del avión y debe ser útil para el movimiento del avión.

Regularmente son de 23, 45 o 60 metros.

El ancho de toda pista no debe de ser menor de la dimensión apropiada especificada en la siguiente tabla* .

NUMERO DE CLAVE	LETRA DE CLAVE				
	A	B	C	D	E
1	18 m.	18 m.	23 m.	-	-
2	23 m.	23 m.	30 m.	-	-
3	30 m.	30 m.	30 m.	45 m.	-
4	-	-	45 m.	45 m.	45 m.

La anchura de toda pista de aproximación de precisión no debe ser menor de 30 m., cuando el número de clave sea 1 ó 2 .

*ANEXO 14, Aeródromos, 8a. edición, publicado por la OACI .

2.a.1.g PENDIENTES

2.a.1.g.1 PENDIENTES LONGITUDINALES

La pendiente obtenida, al dividir la diferencia entre la elevación máxima y la mínima a lo largo del eje de la pista, por la longitud de ésta, no debe de exceder del :

1%, cuando el número de clave sea 3 ó 4 .

2%, cuando el número de clave sea 1 ó 2 .

Cuando no se pueda evitar un cambio de pendiente entre 2 pendientes consecutivas, no debe de exceder del :

1.5% cuando el número de clave sea 3 ó 4 .

2.0% cuando el número de clave sea 1 ó 2 .

La transición de una pendiente a otra debe efectuarse por medio de una superficie curva, con un grado de variación que no exceda de :

0.1%, por cada 30 m. (radio mínimo de curvatura de 30 000 m.)
cuando el número de clave sea 4.

0.2%, por cada 30 m. (radio mínimo de curvatura de 15 000 m.)
cuando el número de clave sea 3 .

0.4%, por cada 30 m. (radio mínimo de curvatura de 7 500 m.)
cuando el número de clave sea 1 ó 2 .

2.a.1.g.2 PENDIENTES TRANSVERSALES

Para facilitar la rápida evacuación del agua, la superficie de la pista en la medida de lo posible, debe de ser convexa, excepto en los casos en que una pendiente transversal única que descienda en la dirección del viento que acompaña a la lluvia con mayor frecuencia, asegure el rápido drenaje de aquella. La pendiente transversal ideal debe ser de :

1.5%, cuando la letra de clave sea C, D ó E .

2.0%, cuando la letra de clave sea A ó B .

Pero en todo caso no debe exceder del 1.5% ó 2%, según corresponda, ni ser inferior al 1%, salvo en las intersecciones de pistas o de calles de rodaje en que se requieran pendientes más aplanadas. En el caso de superficies convexas, las pendientes transversales deben ser simétricas a ambos lados del eje de la pista.

2.a.1.h FRANJAS DE PISTA

La pista y cualquier zona asociada de parada estarán comprendidas dentro de una franja.

Toda franja debe extenderse antes del umbral y más allá del extremo de la pista o de la zona de parada hasta una distancia de por lo menos :

60 m. cuando el número de clave sea 2, 3 ó 4 .

60 m. cuando el número de clave sea 1 y la pista sea de vuelo por instrumentos.

30 m. cuando el número de clave sea 1 y la pista sea de vuelo visual .

Toda franja que comprenda una pista para aproximaciones de precisión, no se extenderá lateralmente hasta una distancia de por lo menos :

150 m. cuando el número de clave sea 3 ó 4 .

75 m. cuando el número de clave sea 1 ó 2 ;

a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja.

Toda franja que comprenda una pista de vuelo visual, debe extenderse a cada lado del eje de la pista y de su prolongación a lo largo de la franja, hasta una distancia de por lo menos :

75 m. cuando el número de clave sea 3 ó 4 .

40 m. cuando el número de clave sea 2 .

30 m. cuando el número de clave sea 1 .

2.a.1.i PAVIMENTOS

El peso de la aeronave se transmite al pavimento a través del tren de aterrizaje. El número de las ruedas, su espaciado, la presión y tamaño de los neumáticos, determinan la distribución de la carga de la aeronave sobre el pavimento.

Varios países tienen sus propios métodos de calcular y notificar la resistencia de los pavimentos de un aeropuerto. El método que más se sigue en México para estos requerimientos, es el de la Administración Federal de Aviación (FAA) de los Estados Unidos, cuyo método está en función del peso bruto de la aeronave para cada tipo de tren de aterrizaje. Esto permite evaluar un pavimento respecto a su idoneidad para soportar los varios tipos y pesos de aeronaves.

El comportamiento de todo pavimento depende de los materiales propios del lugar, que después de la nivelación y de la preparación se llama subrasante; que comprende todas las capas hasta la superficie y de la masa y la frecuencia de las aeronaves que los utilizan. Cada uno de estos 3 elementos deben considerarse al evaluar un pavimento.

Puede ser necesario hacer perforaciones y cortes a cielo abierto para efectuar ensayos de resistencia in situ, para tomar muestras no perturbadas, para registrar los diferentes estratos del terreno, etc.. Este tipo de investigación complementaria se recomienda para las situaciones que justifican un alto grado de precisión, o bien cuando las condiciones locales son complejas y exigen una investigación amplia.

La clasificación de los terrenos para fines técnicos proporciona

un indicio del comportamiento probable de la subrasante para el pavimento. Sin embargo, esta indicación del comportamiento es aproximada. El comportamiento puede ser diferente del previsto debido a varias razones, tales como grado de compactación, grado de saturación, altura del terreno de recubrimiento, etc.. La posibilidad de predecir incorrectamente el comportamiento de la subrasante puede eliminarse ampliamente midiendo la resistencia del terreno.

2.a.1.i.1 TIPOS DE PAVIMENTOS

Para los fines de notificación de la resistencia del pavimento, los pavimentos deben clasificarse en rígidos y flexibles. Un pavimento rígido está compuesto por losas de concreto hidráulico de cemento portland, sea simple, armado o pretensado, y con capas intermedias o sin ellas entre la losa y la subrasante. Un pavimento flexible, consiste en una serie de capas cuya resistencia aumenta desde la subrasante hasta la capa de rodadura (ver fig. # 2.7). Al clasificar los pavimentos, deben considerarse cuidadosamente los pavimentos compuestos resultantes de una capa de cemento portland sobre un pavimento flexible o una capa de concreto asfáltico sobre un pavimento rígido, o bien los que poseen capas de cemento químicamente estabilizado que ofrecen gran integridad. Si el elemento rígido resulta ser el elemento estructural predominante del pavimento y no se ve muy afectado por un agrietamiento pronunciado, el pavimento debe clasificarse como rígido, de lo contrario, debe incluirse en la clasificación de flexible. Si la clasificación fuera dudosa, la designación de pavimento flexible en general se considera prudente.

Las curvas de cálculo del pavimento flexible que se presentan en esta sección se basan en el valor relativo de soporte (CBR), el cual consiste básicamente en un ensayo de penetración llevada a cabo con un régimen de tensión uniforme, o sea que, la fuerza necesaria para producir una pene-

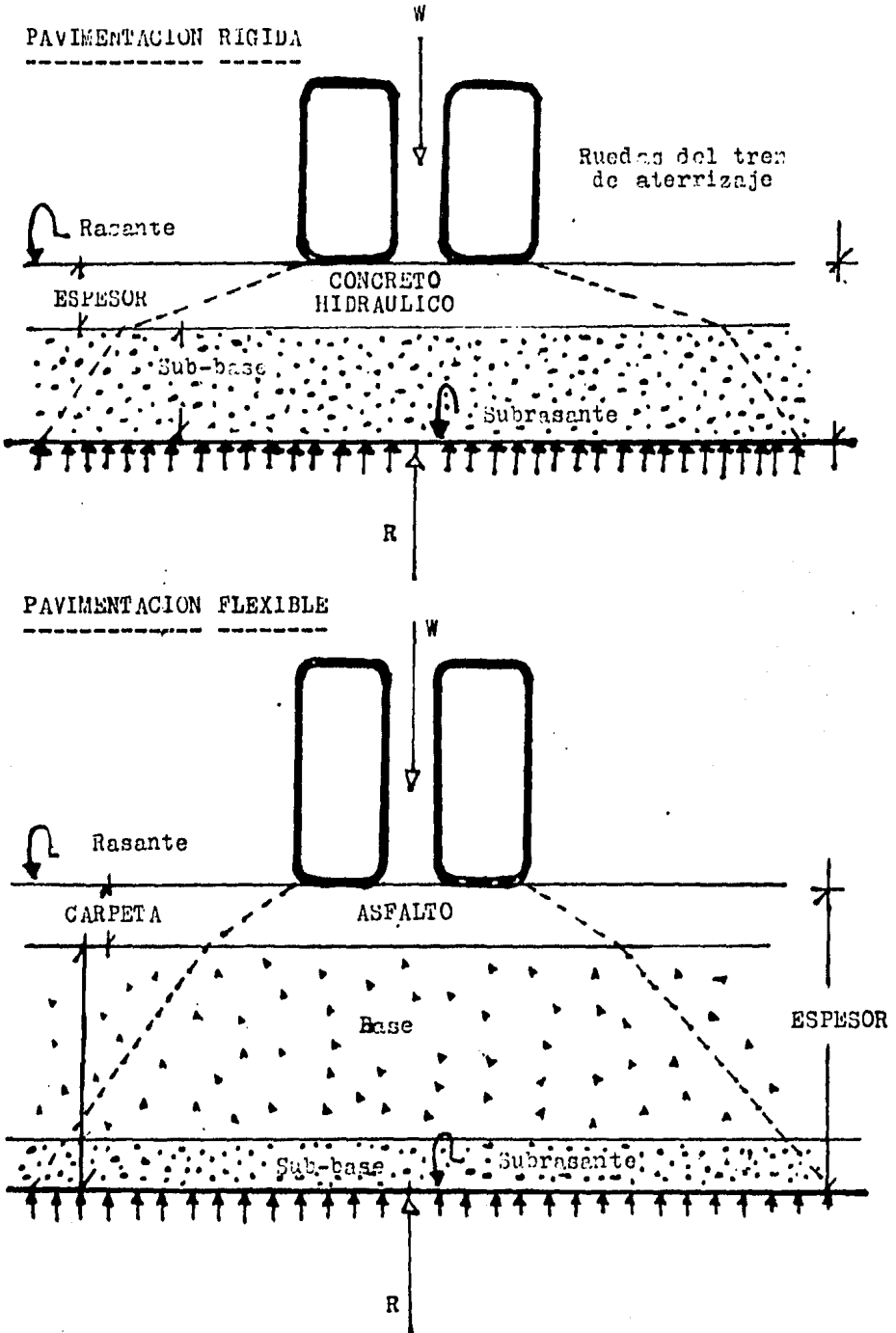


Fig. # 2.7

tracción dada en el material que se ensaya, se compara con la fuerza requerida para producir la misma penetración en una caliza machacada normalizada. Por lo tanto, un material con un valor CBR de 15 significa que el material en cuestión ofrece un 15% de la resistencia a la penetración, comparada con la que ofrece la piedra machacada normalizada.

Las curvas de cálculo de pavimentos rígidos se basan en el análisis de Westergaard de carga en los bordes. Para este tipo de pavimentos la capacidad de resistencia de la sub-base se mide con el "Ensaye con placa de carga". El resultado de este ensaye se expresa como un valor k , con las unidades de presión sobre la longitud, el cual puede considerarse como la presión requerida para producir una deformación unitaria de una placa de carga en la sub-base del pavimento*.

2.a.1.1.2 CLASIFICACION DE SUELOS

Para construir un eficaz pavimento se necesita conocer el tipo de terreno en el cual se apoyará, esto se realiza en base a la tabla # 5 .

A continuación se indican los símbolos de los grupos y una breve descripción de cada uno de ellos :

- 1) GW - Gravas homogéneas y mezclas grava-arena, con poco o ningún fino.
- 2) GP - Grava no homogénea y mezclas grava-arena, con poco o ningún fino.
- 3) GM - Arcilla limosa, mezclas grava-arena-limo.
- 4) GC - Grava arcillosa, mezclas grava-arena-arcilla.
- 5) SW - Arenas homogéneas y arenas con grava o ningún fino.
- 6) SP - Arena no homogénea y arena con grava, poco o ningún fino.

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos de grupos	
Suelos de grano grueso ; más del 50% retenido en la criba # 200	Grava, 50% o más de la fracción gruesa retenida en la criba # 4	Grava limpia	GW GP	
		Grava con finos	GM GC	
	Arena, menos del 50% de la fracción gruesa retenida en la criba # 4	Arena limpia	SW SP	
		Arena con finos	SM SC	
	Suelos de grano fino ; 50% o menos retenido en la criba # 200	Limos y arcillas		ML
		Límite líquido 50% o menos		CL OL
Limos y arcillas			MH	
Límite líquido superior al 50%			CH DH	
Suelos muy orgánicos			PT	

(Tabla # 5)

CLASIFICACION DE TERRENOS PARA APLICACIONES
DE PAVIMENTOS DE AEROPUERTOS

- 7) SM - Arena limosa, mezclas arena-limo.
- 8) SC - Arena arcillosa, mezclas arena-arcilla.
- 9) ML - Limo inorgánico, arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa.
- 10) CL - Arcilla inorgánica de plasticidad baja a mediana, arcilla con grava, arcilla limosa, arcilla pobre.
- 11) OL - Limo orgánico y arcilla limosa orgánica de plasticidad baja.
- 12) MH - Limo inorgánico, arena fina micácea o diatomácea o limo, limo plástico.
- 13) CH - Arcilla inorgánica de alta plasticidad.
- 14) OH - Arcilla orgánica de plasticidad media a alta.
- 15) PT - Turba, barro y otros suelos muy orgánicos.

De la tabla # 5, podemos concluir que para obtener la clasificación de los finos es mucho más complejo, pero esto se resuelve con la Carta de Casagrande (fig. # 2.7.1), en la cual con el límite líquido de un suelo y su límite plástico, podemos obtener el índice de plasticidad por medio de la siguiente fórmula :

$$I_p = LL - LP$$

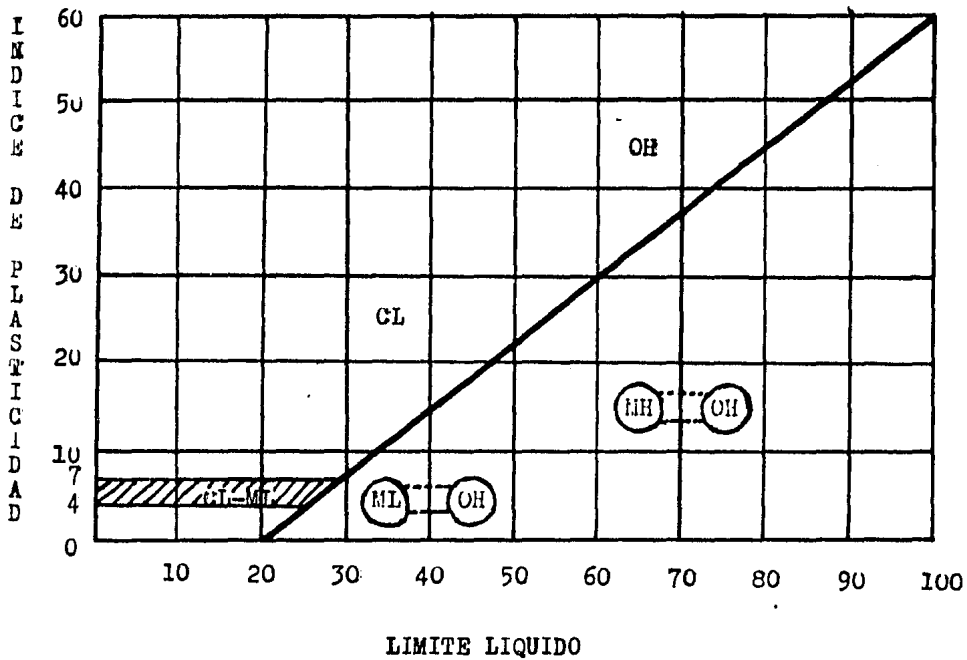
= Límite líquido - límite plástico.

O de la ecuación de la línea, que es :

$$I_p = 0.73 (LL - 20)$$

Y así, entrar a la Carta de Casagrande y saber de que suelo se esta tratando.

En base a la clasificación de suelo obtenida, podemos saber las características del cimiento del pavimento por medio de la tabla # 6 .



"Carta de Casagrande"

Fig. # 2.7.1

Características de los cimientos de los pavimentos

Inventos principales (1)	Letras (2)	Nombre (3)	Valor como cemento, no sujeto al efecto de la humedad (4)	Valor como arena, cemento, debajo del revestimiento (5)	Puede ser de la humedad (6)	Compresibilidad y dilatación (7)	Características de asentamiento (8)	Equipo de compactación (9)	Peso seco unitario (lb/ft ³) (10)	CBR del lugar (11)	Módulo del terreno de fundación (lb/cm ²) (12)
Suelos total o parcialmente de grava	DF	Grava o grava arenosa, uniformes	Excelente	Buena	Mala hasta muy ligera	Costo n/a	Excelente	Tractor de oruga con equipo sobre neumáticos, rodillo con ruedas de acero	125-140	80-90	300 o más
	DP	Grava o grava arenosa, no uniformes	Buena hasta excelente	Mala hasta aceptable	Mala hasta muy ligera	Costo n/a	Excelente	Tractor de oruga con equipo sobre neumáticos, rodillo con ruedas de acero	120-130	35-60	300 o más
	DU	Grava o grava arenosa, graduación uniforme	Buena	Mala	Mala hasta muy ligera	Costo n/a	Excelente	Tractor de oruga, equipo sobre neumáticos	115-125	25-50	300 o más
	DM	Grava limosa o grava arenosa limosa	Buena hasta excelente	Aceptable hasta buena	Ligera hasta media	Muy ligera	Aceptable hasta mala	Equipo sobre neumáticos, rodillo patá de cables, control estricto de la humedad	130-142	40-90	300 o más
	DC	Grava arcillosa o grava arenosa arcillosa	Buena	Mala	Ligera hasta media	Ligera	Mala hasta prácticamente impermeable	Equipo sobre neumáticos, rodillo patá de cables	120-140	20-40	200-300
Suelos total o parcialmente de arena	DW	Arena o arena con grava, homogénea	Buena	Mala	Mala hasta muy ligera	Costo n/a	Excelente	Tractor de oruga, equipo sobre neumáticos	110-130	20-40	200-300
	DP	Arena o arena con grava, no homogénea	Aceptable hasta buena	Mala hasta inadecuado	Mala hasta muy ligera	Costo n/a	Excelente	Tractor de oruga, equipo sobre neumáticos	105-120	15-25	200-300
	DU	Arena o arena con grava, graduación uniforme	Aceptable hasta buena	Inadecuado	Mala hasta muy ligera	Costo n/a	Excelente	Tractor de oruga, equipo sobre neumáticos	100-115	10-20	200-300
	DM	Arena limosa o arena con grava limosa	Buena	Mala	Ligera hasta alta	Muy ligera	Aceptable hasta mala	Equipo sobre neumáticos, rodillo patá de cables, control estricto de la humedad	120-125	20-40	200-300
Suelos de grano fino	DC	Arena arcillosa o arena con grava arcillosa	Aceptable hasta buena	Inadecuado	Ligera hasta alta	Ligera hasta media	Mala hasta prácticamente impermeable	Equipo sobre neumáticos, rodillo patá de cables	105-130	10-20	200-300
	ML	Limo, limo arenoso, limo arcilloso o arenas diatomáceas	Aceptable hasta mala	Inadecuado	Mediana hasta muy alta	Ligera hasta media	Aceptable hasta mala	Equipo sobre neumáticos, rodillo patá de cables, control estricto de la humedad	100-125	5-15	100-200
	CL	Arcillas pobres, arcillas arenosas o arcillas con grava	Aceptable hasta mala	Inadecuado	Mediana hasta alta	Mediana	Prácticamente impermeable	Equipo sobre neumáticos, rodillo patá de cables	100-125	5-15	100-200
	OL	Limo orgánico o arcilla orgánica pobre	Mala	Inadecuado	Mediana hasta alta	Mediana hasta mala	Mala	Equipo sobre neumáticos, rodillo patá de cables	90-105	4-8	100-200
Arenas compactadas LL > 50	MH	Arcillas arcillosas o suelos diatomáceos	Mala	Inadecuado	Mediana hasta muy alta	Alta	Aceptable hasta mala	Equipo sobre neumáticos, rodillo patá de cables	90-100	4-8	100-200
	CH	Arcillas grasas	Mala hasta muy mala	Inadecuado	Mediana	Alta	Prácticamente impermeable	Equipo sobre neumáticos, rodillo patá de cables	90-100	3-5	50-100
	DH	Arcillas orgánicas grasas	Mala hasta muy mala	Inadecuado	Mediana	Alta	Prácticamente impermeable	Equipo sobre neumáticos, rodillo patá de cables	90-105	3-5	50-100
Turba y otros suelos orgánicos densos	PI	Turba, humus y otros	Inadecuado	Inadecuado	Ligera	Muy alta	Aceptable hasta mala	La compactación no es práctica			

Tabla # 6

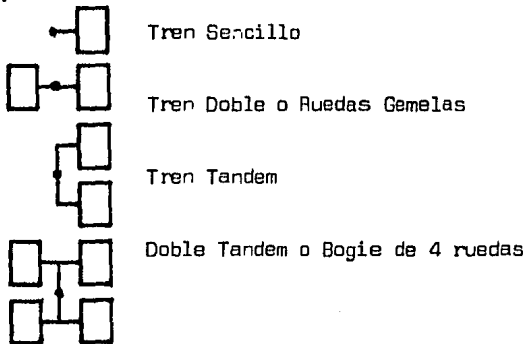
2.a.1.1.3 TREN DE ATERRIZAJE

El tipo de tren de aterrizaje y su configuración, determinan de que modo se distribuye el peso de la aeronave en el pavimento y establecen la respuesta del pavimento a las cargas producidas por la aeronave.

El procedimiento de cálculo supone que el 99% del peso bruto es soportado por los trenes de aterrizaje principales y el 5% por el tren de nariz, excepto en algunas plataformas donde el tren de aterrizaje principal no alcanza a entrar y se calcula hasta con solo el 10% tomado por el tren de nariz.

Es necesario disponer de pronósticos de salidas anuales por tipo de aeronave, para el diseño del pavimento. El pronóstico de las salidas anuales por tipo de aeronave, da por resultado una lista de varias aeronaves diferentes. La aeronave de cálculo debe seleccionarse a base de la que requiera el mayor espesor de pavimento con una mayor frecuencia.

Existen varios tipos de trenes de aterrizaje en función del número de ruedas que tiene, por ejemplo los siguientes :



Como el pronóstico de tránsito es una mezcla de diferentes aeronaves que poseen diferentes tipos de trenes de aterrizaje y diferentes pesos, hay que tener en cuenta los efectos de todo el tránsito en lo tocante a la aeronave de cálculo. En primer lugar deben convertirse todas las

aeronaves al mismo tren de aterrizaje que la aeronave de cálculo, utilizándose los siguientes factores de conversión (método de la FAA):

<u>Para convertir de</u>	<u>a</u>	<u>Multiplíquese</u> <u>las salidas</u> <u>por</u>
rueda simple	ruedas gemelas	0.8
rueda simple	bogie	0.5
ruedas gemelas	bogie	0.6
bogie doble	bogie	1.0
bogie	rueda simple	2.0
bogie	ruedas gemelas	1.7
ruedas gemelas	rueda simple	1.3
bogie doble	ruedas gemelas	1.7

Como las aeronaves de fuselaje ancho poseen trenes de aterrizaje radicalmente diferentes de las otras aeronaves, es especialmente para mantener los efectos relativos. Esto se lleva a cabo tratando cada fuselaje ancho como una aeronave con bogie de cuatro ruedas, de 300 000 lb (136 100 kg.), al calcular las salidas anuales equivalentes.

Ejemplo :

Se supone un pavimento de aeropuerto calculado para el siguiente tráfico previsto*:

<u>Aeronave</u>	<u>Tipo de tren</u>	<u>Salidas anuales</u> <u>previstas</u>	<u>Peso total</u> <u>(lb)</u>
727-100	ruedas gemelas	3 760	160 000
727-200	ruedas gemelas	9 080	190 500
707-320 B	bogie de 4 ruedas	3 050	327 000

*Datos tomados del Manual de Proyecto de Aeródromos. parte 3. Pavimentos.

2a. edición. publicado por la OACI.

Desarrollo :

Presuponiendo que el 727-200 es el más crítico.

<u>Aeronave</u>	<u>Carga por rueda</u>	<u>Salidas con tren gemelo</u>	<u>Salidas anuales equivalentes de la aeronave de cálculo*</u>
727-100	$\frac{160\ 000 \times 0.95}{4} = 38\ 000$	3 760	1 897
727-200	$\frac{190\ 000 \times 0.95}{4} = 45\ 200$	9 080	9 080
707-320 B	$\frac{327\ 000 \times 0.95}{8} = 38\ 830$	$3\ 050 \times 1.7$ $= 5\ 185$	2 763
			<hr/> 13 740

* La conversión a salidas anuales equivalentes de la aeronave de cálculo, se basa según la fórmula :

$$\log R_1 = \log R_2 \times \left(\frac{W_2}{W_1} \right)^{\frac{1}{4}}$$

de donde :

R_1 = Salidas anuales equivalentes de la aeronave de cálculo.

R_2 = Salidas anuales expresadas en el tren de aterrizaje de la aeronave de cálculo.

W_1 = Carga sobre la rueda de la aeronave de cálculo.

W_2 = Carga sobre la rueda de la aeronave en cuestión.

Resultado :

Para este ejemplo el pavimento se calculará para 14 000 salidas anuales de una aeronave con ruedas gemelas cuyo peso sea de 190 500 lb ó 86 410 kg.

2.a.1.1.4 CALCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

La utilización de las curvas de cálculo para los pavimentos flexibles requiere un valor para el material de la subrasante, un valor CBR para el material de sub-base, el peso bruto de la aeronave de cálculo y el número de salidas anuales de la misma aeronave.

Existen varias curvas de cálculo que se utilizan para determinar el espesor total "T" crítico del pavimento y los requisitos de espesor de la capa de rodadura. El factor $0.9 T$ para el pavimento no crítico se aplica a las capas de base y de sub-base; el espesor de la capa de rodadura es el que se registra en las curvas de cálculo. En la parte variable de la sección de transición y en el borde adelgazado, la reducción se aplica únicamente a la capa base. Para las fracciones de pulgada de 0.5 ó más, utilícese el número entero inmediatamente superior; para las inferiores a 0.5. el número entero inmediatamente inferior.

Las capas estabilizadas de la base y de la sub-base son necesarias para los nuevos pavimentos calculados, para las aeronaves de rección, cuyo peso sea de 100 000 lb. o más. Existen factores de equivalencia recomendados para la capa de sub-base estabilizada y para la base estabilizada*.

Ejemplo de cálculo :

Se supone que un pavimento flexible ha de calcu larse para una aeronave de tren de aterrizaje con ruedas gemelas, con un peso bruto de 75 000 lb (34 000 kg.) y 6 000 salidas equivalentes anuales de la aeronave de cálculo. Los valores CBR de cálculo para la capa de la sub-base y de la subrasante son de 20 y de 6 respectivamente*.

*Datos tomados del Manual de Proyecto de Aeródromos, parte 3, Pavimentos, publicado por la OACI.

Desarrollo :

Espesor total del pavimento.- Utilizando la fig. # 2.8, obtenemos que el espesor total es de 23 pulg. (58.42 cm.).

Espesor de la sub-base.- Utilizando de nuevo la fig. # 2.8, el espesor obtenido es de 9.2 pulg. (23.36 cm.).

Espesor de la superficie asfáltica.- Para las zonas críticas es de 4 pulg. (10 cm.) y para las zonas no críticas, de 3 pulg. (8 cm.).

Espesor de la base.- Es de $9.2 - 4.0 = 5.2$ pulg., comparándolo con el espesor mínimo de la base que se requiere en la fig. # 2.9, se observa que el espesor mínimo es de 6 pulg. (15 cm.) para las zonas críticas. Entrando en la fig. # 2.9, obtenemos un espesor mínimo de 6.9 pulg. (17.52 cm.). El espesor extra de la capa de la base, que requiere la fig. # 2.9 se toma del espesor de la carga de la sub-base, no sumada al espesor total del pavimento; en este ejemplo es de :

$$13.8 - (6.9 - 5.2) = 12.1 \text{ pulg. (30.73 cm.)}$$

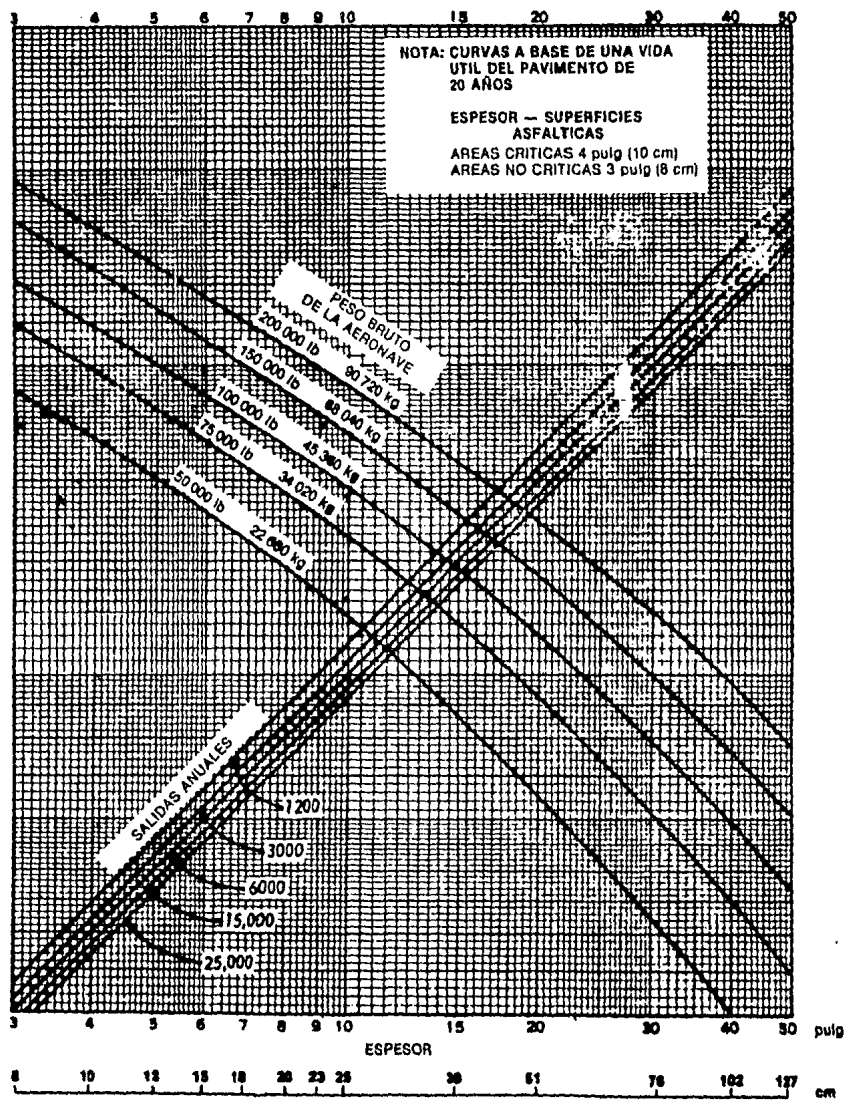
Resultados :

	<u>Críticos</u>		<u>No Críticos</u>	
	pulg.	cm.	pulg.	cm.
Superficie asfáltica	4	(10)	3	(8)
Capa de la base	7	(18)	6	(15)
Capa de la sub-base	12	(30)	11	(28)
Avenamiento transversal	0	(0)	3	(8)

Ver fig. # 2.9.1

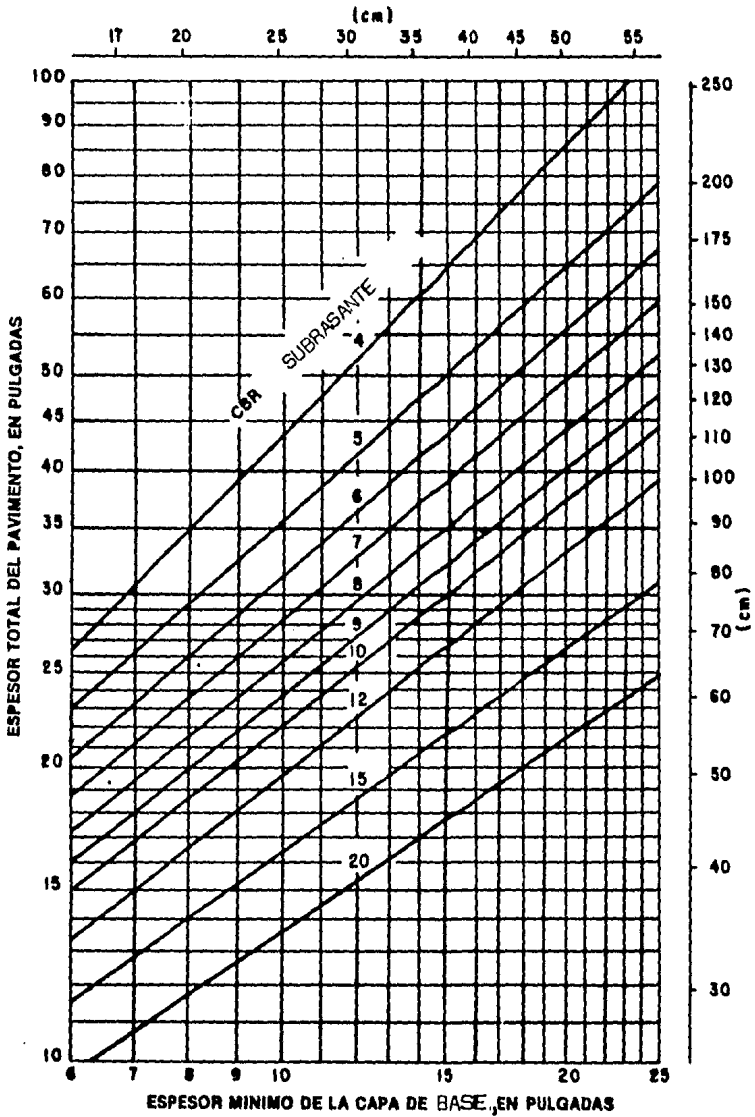
CBR

NOTA: CURVAS A BASE DE UNA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO DE 20 AÑOS
ESPESOR — SUPERFICIES ASFALTICAS
AREAS CRITICAS 4 pulg (10 cm)
AREAS NO CRITICAS 3 pulg (8 cm)



Curvas de cálculo de pavimentos flexibles para áreas críticas, tren de ruedas gemelas

Fig. # 2.8

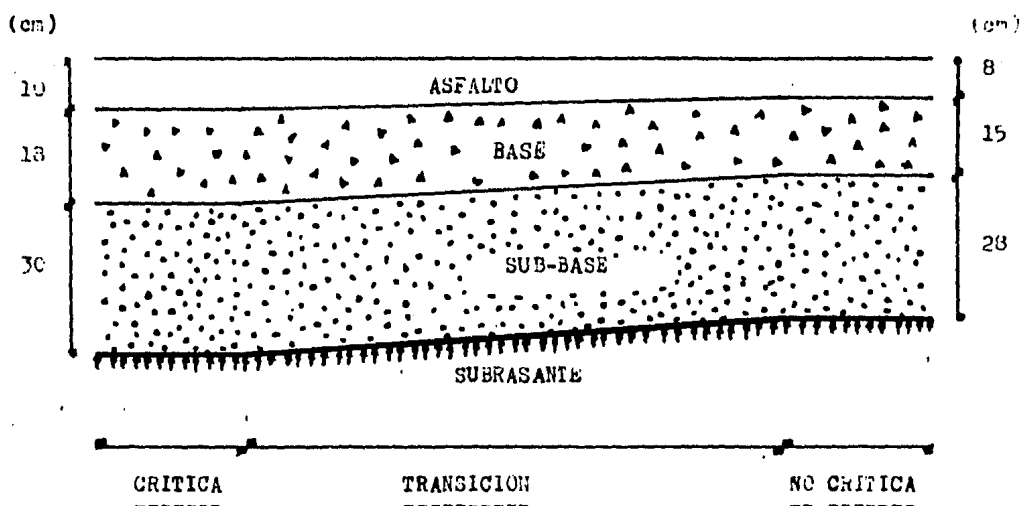


Requisitos mínimos de espesor de la capa de BASE

Fig. # 2.9

(Fig. 7 2. .1°)

Zonas Críticas y No Críticas



* Del ejemplo de cálculo de pavimento flexible.

** Las zonas de pavimento críticas son las que se encuentran en las plataformas, calles de rodaje, principalmente de entrada a la pista y el tramo inicial de las pistas.

2.a.1.1.5 CALCULO DE PAVIMENTOS RIGIDOS

El cálculo de pavimentos rígidos, se basan en una hipótesis de carga en bordes de junta, en que la carga es tangente a la junta.

El objeto de una capa sub-base debajo de un pavimento rígido, es el de proporcionar un apoyo estable y uniforme para las losas del pavimento. Se requiere un espesor mínimo de 4 pulg. (10 cm.) de sub-base, debajo de todos los pavimentos rígidos, excepto lo que se indica en la tabla # 7 .

Clasificación del suelo	Buen avenamiento		Mal avenamiento	
	Sin heladas	Con heladas	Sin heladas	Con heladas
GW	X	X	X	X
GP	X	X	X	
GM	X			
GC	X			
SW	X			

(Condiciones en que no se requiere capa de sub-base)

Tabla # 7

Existen varias curvas de cálculo que se utilizan para determinar el espesor de concreto hidráulico, para las áreas de pavimento críticas. El espesor de $0.9 T$ para las áreas no críticas se aplica al espesor de dicha losa.

La capa de sub-base estabilizada se requiere en todos los pavimentos rígidos nuevos, calculados para las aeronaves cuyo peso sea de 100 000 lb. (45 000 kg.) o más. La ventaja estructural de una sección de pavimento con capa de sub-base estabilizada se refleja en el módulo de reacción de la subrasante, asignado a la sub-base. La fig. # 2.10 indica

el aumento probable del valor k con los diferentes espesores de capa de subrasante estabilizada, desplazada en subrasantes de diferentes módulos, esta figura es aplicable a las capas estabilizadas de concreto hidráulico y de asfalto.

Ejemplo de cálculo :

Se va a calcular un pavimento rígido para una aeronave de tren con bogle que posee un peso bruto de 350 000 lb. (160 000 kg.) que ha de hacer 6 000 salidas anuales equivalentes. La cifra de 6 000 salidas anuales equivalentes comprende 1 200 salidas anuales de aeronaves B-747 con un peso bruto de 780 000 lb. (350 000 kg.). El módulo de la subrasante de 100 lb/pulg (25 NM/m) con mal avenamiento y penetración de la helada, es de 17 pulg. (43 cm.). El factor que ha de calcularse es una pista primaria que requiere un 100% de protección contra la helada. El terreno o subrasante es CL. Los cálculos de mezcla de concreto hidráulico indican una resistencia a la flexión de 650 lb/pulg. (4.5 NM/m), que puede lograrse fácilmente con los áridos disponibles en el lugar.*

Desarrollo :

1.- El peso bruto de la aeronave de cálculo determina el uso de una capa de sub-base estabilizada, por lo tanto se supone una capa de cemento de un espesor de 6 pulg. (15 cm.).

2.- Empleando la fig. # 2.10 el módulo de la sub-base aumenta a 210 lb./pulg. (57 NM/m).

3.- Utilizando la fig. # 2.11 nos da un pavimento de concreto hidráulico de 16.6 pulg. (42 cm.), lo cual se redondeará a 17 pulg. (43 cm.).

4.- Como la penetración de la helada es solo de 18 pulg. (46 cm.) y

*Datos tomados del Manual de Proyecto de Aeródromos, parte 3, Pavimentos, 2a. edición, publicación de la OACI.

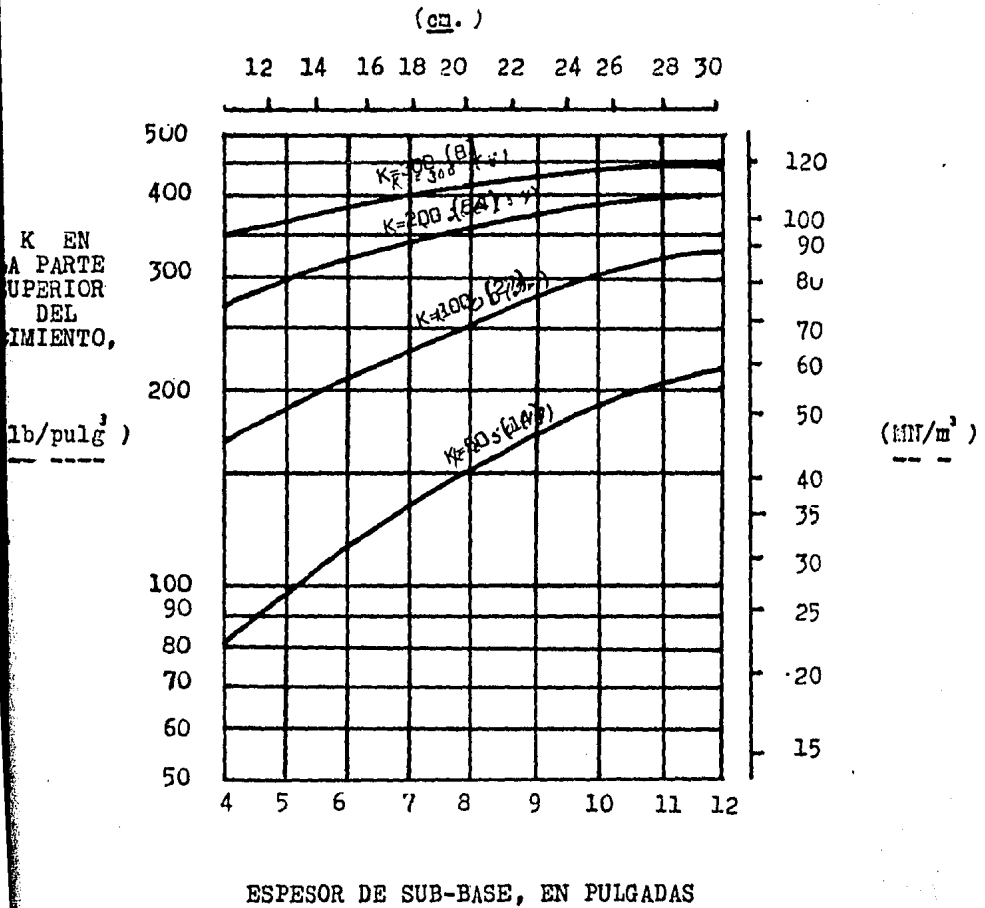
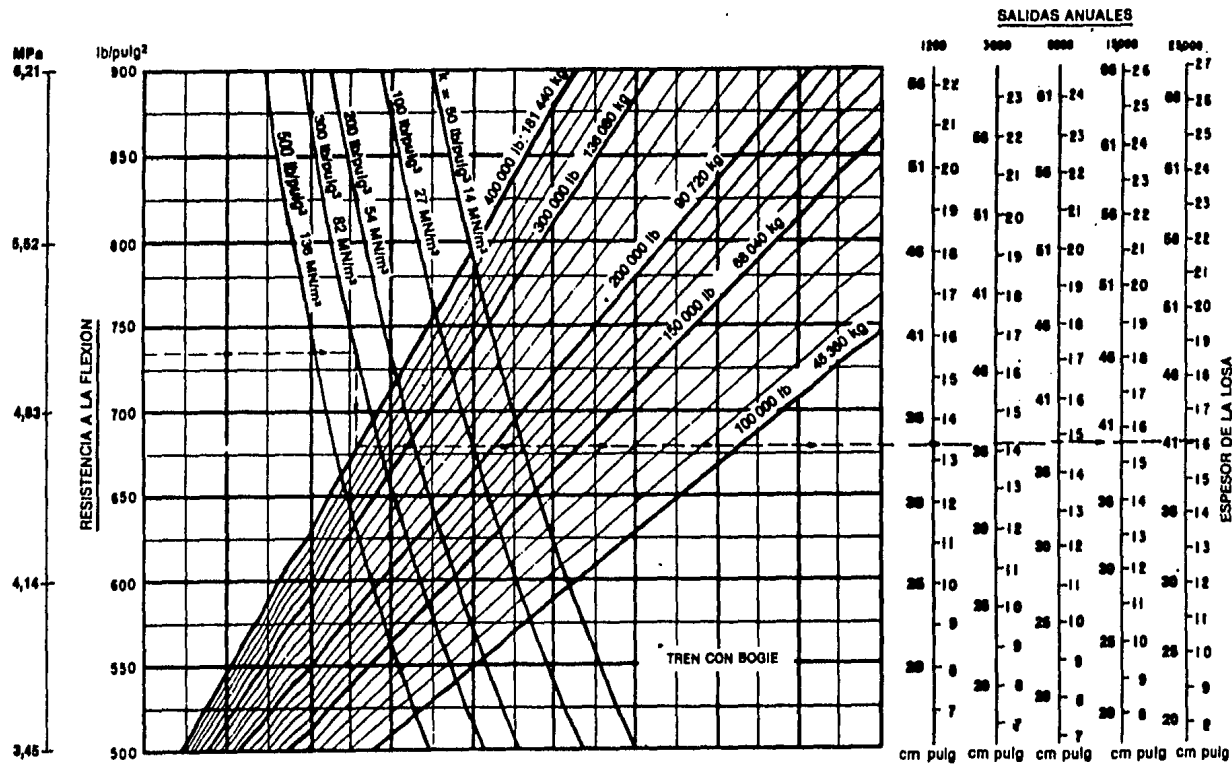


Fig. # 2.10

"" Efecto de la capa de sub-base estabilizada
sobre el módulo de la subrasante""



Curvas de cálculo de pavimentos rígidos - tren de bogie

Fig. # 2.11

el espesor combinado del pavimento de concreto hidráulico y de capa de sub-base estabilizada es de 23 pulg. (58 cm.), no se necesita ninguna protección ulterior contra la helada.

Resultado :

Se utilizara un espesor de pavimento de concreto hidráulico de 17 pulg. (43 cm.), con una capa de sub-base estabilizada de cemento, de un espesor de 6 pulg. (15 cm.).

2.a.2 ANALISIS DEL VIENTO

Para planificar las pistas resulta esencial un análisis de los vientos. Como regla general, la pista principal de tránsito de un aeropuerto debe de estar orientada lo más próxima posible con la dirección de los vientos dominantes.

El máximo viento de costado permisible depende no solamente del tamaño del avión, sino también de la configuración del ala y de las condiciones de la superficie del pavimento.

La DACI especifica que las pistas deben orientarse de tal manera, que los aviones puedan aterrizar por lo menos el 95 por 100 de las veces con componentes de viento de costado de (esta norma sirve para aterrizajes o despegues) las siguientes velocidades :

37 km/h (20 kt), cuando se trata de aviones cuya longitud de campo de referencia es de 1 500m. o más, excepto cuando se presenten con alguna frecuencia condiciones de eficacia de frenado deficiente en la pista debido a que el coeficiente de fricción longitudinal es insuficiente, en cuyo caso debería suponerse una componente transversal del viento que no exceda de 24 km/h (13 kt).

24 km/h (13 kt), en el caso de aviones cuya longitud de campo de referencia es de 1 200 m. ó mayor, pero inferior a 1 500 m.

19 km/h (10 kt), en el caso de aviones cuya longitud de campo de referencia es inferior a 1 200 m.

La elección de los datos que se han de usar en el cálculo del coeficiente de utilización deben basarse en estadísticas confiables de la dis-

tribución de los vientos, que abarquen un período tan largo como sea posible, preferentemente no menor de 5 años. Las observaciones deben hacerse por lo menos 8 veces al día, a intervalos iguales, y tener en cuenta lo siguiente :

Las componentes transversales máximas del viento de costado medio que corresponden a circunstancias normales. Algunos factores que pueden exigir que se tome en cuenta una reducción en sus valores máximos en un aeródromo determinado, entre estos se encuentran :

- 1) Las grandes diferencias de manejo y de los valores máximos admisibles de la componente transversal del viento para los distintos tipos de aviones (incluidos futuros tipos).
- 2) La preponderancia y naturaleza de las ráfagas.
- 3) La preponderancia y naturaleza de las turbulencias.
- 4) La disponibilidad de una pista secundaria.
- 5) La anchura de las pistas.
- 6) Las condiciones de la superficie de las pistas; el agua, la nieve, la nieve fundente o el hielo sobre la pista, reducen materialmente el valor admisible de la componente transversal del viento.
- 7) La fuerza del viento correspondiente al valor límite que se haya elegido para la componente transversal del viento.

Después de seleccionado el máximo permisible de la componente del

viento de costado, puede determinarse la dirección de las pistas más deseable según la dirección del viento, examinando las características del mismo con las siguientes condiciones*:

1.- La cobertura de la pista sin tener en cuenta la visibilidad o el techo nuboso.

2.- Características de los vientos cuando el techo de nubes se encuentra entre 60 y 300 m. y/o la visibilidad se encuentra entre 800 y 4 800 m.

Las observaciones meteorológicas están realizadas, teniendo en cuenta el porcentaje de ocasiones en que ocurre u ocurren determinadas combinaciones de techo y visibilidad y el tanto por ciento de veces en las que una determinada velocidad se presenta según diferentes direcciones.

Las direcciones de las pistas pueden determinarse gráficamente con la "Rosa de Vientos Cruzados" de la siguiente forma :

A.- Con los datos obtenidos de nuestras observaciones meteorológicas, determinamos todas las condiciones de velocidad del viento y visibilidad.

B.- En una tabla colocamos el porcentaje en que se presentaron éstos.

C.- Estos datos se colocan dentro de una rosa de vientos, en la cual los círculos concéntricos están dibujados a escala y representan toques en la velocidad de los vientos transversales admitidos.

D.- Las direcciones óptimas de las pistas pueden determinarse a partir de la rosa de vientos, utilizando una tira de material transparen-

*Planning and Design of Airports, por Robert Horonjeff, 2a. edición, editorial Mc. Graw-Hill.

te en la que se han trazado previamente 3 líneas paralelas equidistantes (mascarilla), donde la línea del centro representa el eje de la pista y la distancia entre las líneas exteriores es, a escala, la componente permisible del viento de costado.

La mascarilla se coloca sobre la rosa de vientos de tal manera que el eje de la tira pase por el centro de la rosa, con este centro como pivote se va girando la mascarilla, hasta que la suma de los porcentajes incluidos entre las líneas exteriores sea máximo. Cuando una de las líneas exteriores de la tira transparente divide un segmento de la dirección del viento, la parte fraccionaria se estima visualmente en décimas de tanto por ciento.

E.- El siguiente paso, es leer el rumbo de la pista en la escala exterior de la rosa de los vientos, donde el eje de la mascarilla corta a la escala direccional.

Debido a que los datos del viento que se publican utilizan el Norte real, el rumbo hallado será diferente del que se utiliza en la numeración de pistas, que está basado en el rumbo magnético.

Ejemplo :

En un lugar donde se piensa proyectar un aeropuerto se han tomado datos de velocidades del viento, durante 5 años, los cuales pasados a porcentajes son los siguientes*:

* Datos tomados del Planning and Design of Airports, por Robert Horonjeff, 2a. edición, editorial Mc. Graw-Hill.

Dirección del viento	Porcentaje de Vientos			TOTAL
	6 - 24 (km./h.)	24 - 49 (km./h.)	49 - 75 (km./h.)	
N	4.8	1.3	0.1	6.2
NNE	3.7	0.8	-	4.5
NE	1.5	0.1	-	1.6
ENE	2.3	0.3	-	2.6
E	2.4	0.4	-	2.8
ESE	5.0	1.1	-	6.1
SE	6.4	3.2	0.1	9.7
SSE	7.3	7.7	0.3	15.3
S	4.4	2.2	0.1	6.7
SSW	2.6	0.9	-	3.5
SW	1.6	0.1	-	1.7
WSW	3.1	0.4	-	3.5
W	1.9	0.3	-	2.2
WNW	5.8	2.6	0.2	8.6
NW	4.8	2.4	0.2	7.4
NNW	7.8	4.9	0.3	13.0
Calma		0-6 km./h.		4.6

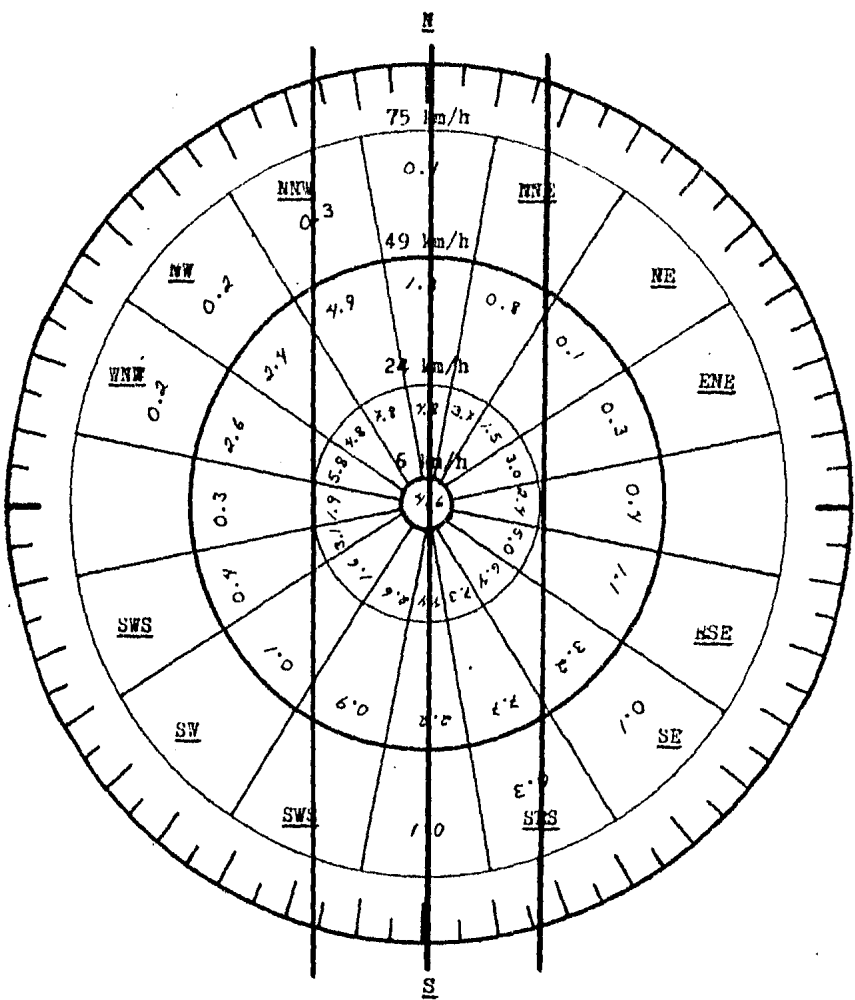
$\Sigma = 100.0\%$

(COMPONENTE PERMISIBLE DE COSTADO, 24 km./h.)

Desarrollo :

Colocando estos datos en la rosa de vientos cruzados (fig. # 2.12) y después girando la mascarilla a diferentes orientaciones, recabamos la suma de los porcentajes incluidos entre las líneas exterior--

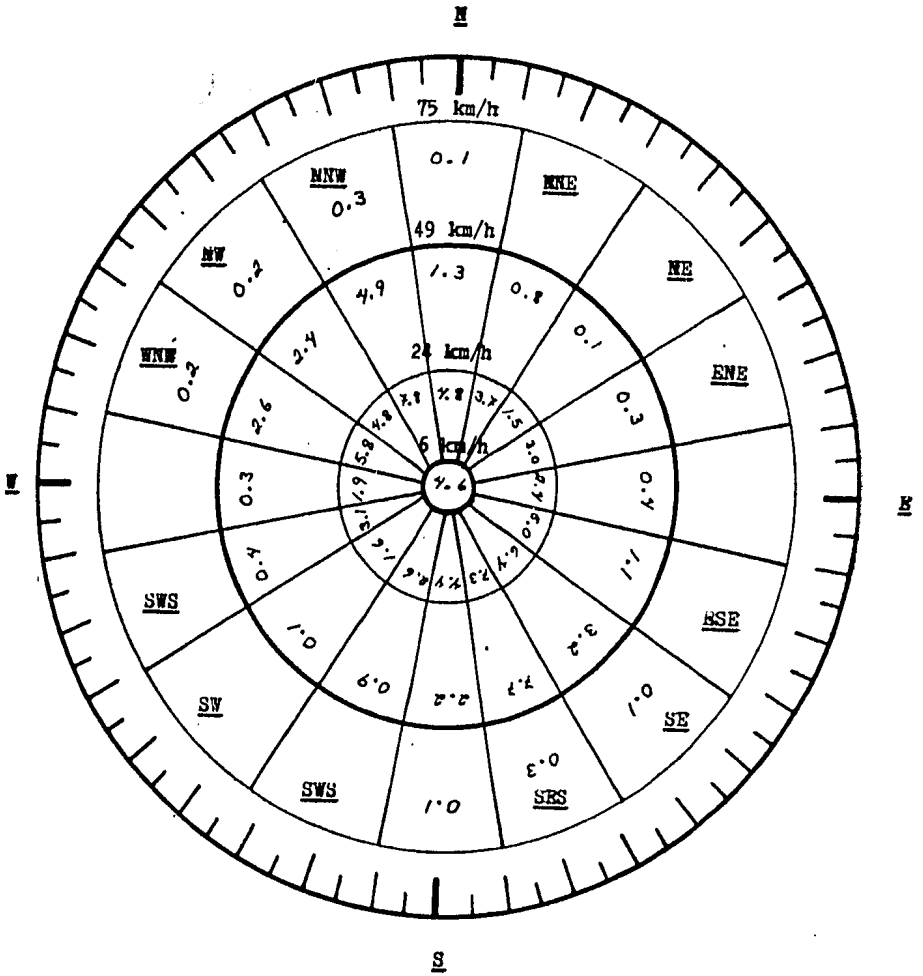
CORTESE



(Rosa de los vientos)

MASCARILLA

Fig. # 2.12



(Rosa de los vientos)

fig. # 2-12

res. En este ejemplo solo presentaremos 4 orientaciones, para no hacer un poco tedioso el ejemplo.

Vel. / Orientación del viento / °C	36 - 18	04 - 22	08 - 26	15 - 32
0 - 6 km./h.	4.60	4.60	4.60	4.60
6 - 24 km./h.	65.40	65.40	65.40	65.40
24 - 49 km./h.	20.00	6.45	6.74	24.30
49 - 75 km./h.	0.50	-	-	0.80
=	90.50	76.45	76.74	95.10

Resultado :

Podemos observar que una pista que este orientada de 150° a 325° (S 30° E real) permitirá operaciones el 95 por 100 de las veces, con componentes de viento lateral que no excedan los 24 km./h., por lo cual esta pista tendrá el número 15 de SE a NW y 33 de NW a SE ; $150 + 180 = 330 = \text{pista } \# 33$.

Además del análisis de viento realizado con ayuda de la mascarilla, se deben examinar los datos del viento durante el período de condiciones de visibilidad restringida (techo entre 60 y 300 m., y visibilidad entre 800 y 4 800 m. ó en unidades inglesas 200 y 1 000 pies, 0.5 y 3 millas respectivamente). Con este análisis, se puede averiguar si las pistas están capacitadas para recibir aviones por lo menos en un 95 por 100 de las veces, existiendo las mencionadas condiciones de visibilidad.

En la tabla # 8 se da un ejemplo de la manera en que se presentan, datos relativos a las condiciones de escasa visibilidad. En ella se in las observaciones o registros de los vientos efectuados únicamente dirección, en este caso del noreste.

res. En este ejemplo solo presentaremos 4 orientaciones, para no hacer un poco tedioso el ejemplo.

Vel. / Orientación del viento / °C	36 - 18	04 - 22	08 - 26	15 - 32
0 - 6 km./h.	4.60	4.60	4.60	4.60
6 - 24 km./h.	65.40	65.40	65.40	65.40
24 - 49 km./h.	20.00	6.45	6.74	24.30
49 - 75 km./h.	0.50	-	-	0.80
=	90.50	76.45	76.74	95.10

Resultado :

Podemos observar que una pista que este orientada de 150° a 325° (S 30° E real) permitirá operaciones el 95 por 100 de las veces, con componentes de viento lateral que no excedan los 24 km./h., por lo cual esta pista tendrá el número 15 de SE a NW y 33 de NW a SE ; $150 + 180 = 330 =$ pista # 33 .

Además del análisis de viento realizado con ayuda de la mascarilla, se deben examinar los datos del viento durante el período de condiciones de visibilidad restringida (techo entre 60 y 300 m., y visibilidad entre 800 y 4 800 m. ó en unidades inglesas 200 y 1 000 pies, 0.5 y 3 millas respectivamente). Con este análisis, se puede averiguar si las pistas están capacitadas para recibir aviones por lo menos en un 95 por 100 de las veces, existiendo las mencionadas condiciones de visibilidad.

En la tabla # 8 se da un ejemplo de la manera en que se presentan, los datos relativos a las condiciones de escasa visibilidad. En ella se indican las observaciones o registros de los vientos efectuados únicamente en una dirección, en este caso del noreste.

Viento NE		Total de observaciones 24 (Q1)							
Grupos de techos (pies)	Grupos de velocidades (millas)	Visibilidad millas						Total Obs.	
		0-1/4	1/4-1/2	1/2-3/4	3/4-1	1-1-1/2	1-1/2-3		3+
1000	01-04	4		1	2	4	14	202	227
	05-09	1	5	1	3	6	17	383	416
	10-14	2			1		3	277	285
	15-30							114	114
	30+								
	Total	7	5	2	6	10	38	976	1042
600 hasta 900	01-04		1					1	3
	05-09			1	1	1	1	8	12
	10-14				1		3	4	8
	15-30								
	30+								
	Total		1	1	2	2	4	13	23
500	01-04			1				1	2
	05-09						2		2
	10-14								
	15-30								
	30+								
	Total			1			2	1	4
400	01-04			1					1
	05-09				1	1	2		4
	10-14						1		1
	15-30								
	30+								
	Total			1	1	1	3		6
300	01-04	1	1		1	1	1		5
	05-09	1						1	2
	10-14						1	1	2
	15-30								
	30+								
	Total	2	1		1	1	2	2	9
200	01-04					1			1
	05-09	1	1	1			1	1	5
	10-14						1		1
	15-30				1				1
	30+								
	Total	1	1	1	1	1	2	1	8
100	01-04	3							3
	05-09	7	1						8
	10-14		3						3
	15-30								
	30+								
	Total	10	4						14
# por grupos de velocidades			1-4 ml. 10	5-9 19	10-14 12	15-29 5	30 ml.		

Observaciones que deben considerarse debido a las condiciones del techo.

Observaciones que deben considerarse debido a las condiciones de visibilidad.

Observaciones que deben considerarse debido a las condiciones del techo y de visibilidad.

EJEMPLO DE DATOS PARA ANALIZAR LOS VIENTOS PREDOMINANTES EN UNA DIRECCION DETERMINADA DURANTE PERIODOS DE ESCASA VISIBILIDAD

NOTA :

Frecuentemente los datos del viento para una nueva ubicación no están registrados. Si así ocurre, pueden consultarse los datos de las estaciones meteorológicas más cercanas.

Si el terreno es montañoso, el viento tipo viene condicionado por la topografía, por lo cual resultaría provechoso realizar un estudio topográfico de la región y consultar con antiguos residentes de la misma.

2.b EMPLAZAMIENTO DE ZONAS QUE OFRECEN POSIBILIDADES DE AMPLIACION

Para el emplazamiento de un aeropuerto, se deben de tomar en cuenta las diferentes zonas o alternativas que se nos presentan, tomando en cuenta el buen funcionamiento de las aeronaves, así como las posibilidades de ampliación de dichas zonas para que puedan absorber las necesidades aeronáuticas que se presenten en el futuro.

2.b.1 FACTORES QUE CONDICIONAN EL EMPLAZAMIENTO DE UN AEROPUERTO

En este punto se tiene que realizar un estudio de los requisitos que necesita un aeropuerto para poder funcionar correctamente, a su vez, aplicarlos a las zonas que ofrecen posibilidades para ello y tomar la más óptima.

Y está dividida en los siguientes temas :

- a) Espacio aéreo.
- b) Tipo y desarrollo del área circundante.
- c) Condiciones atmosféricas.
- d) Accesibilidad al transporte terrestre.
- e) Efectos en la comunidad.
- f) Economía de la construcción.

2.b.1.a ESPACIO AEREO

El espacio aéreo es el volúmen de atmósfera alrededor del aeropuerto, que permite las maniobras de aterrizaje y despegue de las aeronaves. Y abarca los siguientes puntos a estudio :

- 1.- Obstrucciones.
- 2.- Presencia de otros aeropuertos en la zona.

2.b.1.a.1 OBSTRUCCIONES

En general, a causa de las grandes extensiones que abarcan los aeropuertos a lo largo de los ejes de las pistas, a partir de sus límites, es difícil conseguir terrenos que ofrezcan todos los márgenes deseados, y en consecuencia, tienen que evitarse accidentes del relieve tales como elevaciones del terreno, árboles y estructuras artificiales que constituyan obstáculos.

El espacio aéreo debe mantenerse libre de obstáculos alrededor de los aeródromos, para que puedan llevarse a cabo con seguridad las operaciones de aviones previstas, y evitar que los aeródromos queden inutilizados por la multiplicidad de obstáculos en sus alrededores.

La importancia de los objetos, tanto existentes como previstos, dentro de los límites del aeródromo o en las vecindades del mismo, se evalúa utilizando 2 criterios que definen los requisitos en materia de espacio aéreo. El primero de éstos, se refiere a las superficies limitadoras de obstáculos respecto a determinada pista, cuya finalidad general de éstas superficies es definir la parte del espacio aéreo que en condiciones óptimas, debe mantenerse libre de obstáculos con el fin de reducir al mínimo los peligros que para las aeronaves representan.

El segundo criterio se refiere a las superficies que se describen en los procedimientos para los servicios de navegación aérea - Operación de Aeronaves (PANS - OPS), (Doc 8168 - OPS/G11). Las superficies de los PANS - OPS están diseñadas al uso de los diseñadores de procedimientos, para la construcción de procedimientos de vuelo por instrumentos y para la especificación de altitudes/alturas mínimas seguras para cada tramo del procedimiento.*

2.b.1.a.1.a SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS

Superficie horizontal externa.- Como especificación de carácter general para la superficie horizontal externa, las estructuras elevadas pueden considerarse de posible importancia si su altura es mayor de 30 m. por encima del nivel del terreno donde estén situadas, y también mayor de 50 m. por encima de la elevación del aeropuerto, estando situadas dentro de un radio de 1 500 m. a partir del centro del aeropuerto cuando el número de clave de la pista sea 3 ó 4.

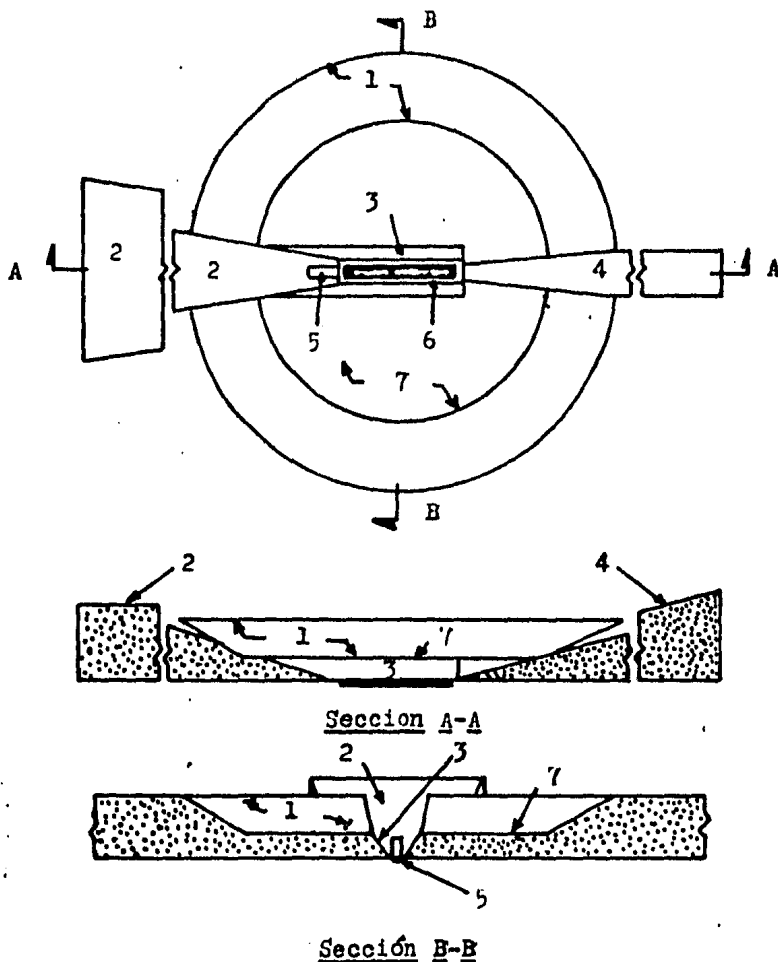
Superficie cónica.- Es una superficie de pendiente ascendente y hacia fuera que se extiende desde la periferia de la superficie horizontal interna (ver fig. # 2.14).

Superficie horizontal interna .- Superficie situada en un plano horizontal sobre un aeródromo y sus alrededores.

La finalidad de la superficie horizontal interna es proteger el espacio aéreo para el circuito visual dentro del cual la aeronave deba volar antes de aterrizar (ver fig. # 2.14). El radio o límites exteriores de la superficie horizontal interna se medirán desde el punto o puntos de referencia que se fijen con este fin. Al elegir esta elevación de referencia deben tomarse en cuenta los siguientes factores :

* Manual de Servicios de Aeropuertos, parte 6. Limitación de Obstáculos.

2a. edición, publicado por la OACI.



SIMBOLOGIA :

Fig. # 2.14

- 1.- Cónica
- 2.- De aproximación
- 3.- De transición
- 4.- De ascenso en el despegue
- 5.- De aproximación interna
- 6.- Franja
- 7.- Horizontal interna

- a) Las elevaciones de los puntos de referencia que se utilicen más frecuentemente para reglaje de altímetro.
- b) Las altitudes mínimas de vuelo en circuito utilizadas o que se requieran.
- c) La naturaleza de las operaciones que se lleven a cabo en el aeropuerto.

Superficie de aproximación.- Plano inclinado o combinación de planos anteriores al umbral (ver fig. # 2.14).

Superficie de transición.- Superficie compleja que se extiende a lo largo del borde de la franja y parte del borde de la superficie de aproximación, de pendiente ascendente y hacia afuera hasta la superficie horizontal interna (ver fig. # 2.14).

La superficie de aproximación y de transición definen la parte del espacio aéreo que debe mantenerse libre de obstáculos, para proteger a los aviones durante la fase final de la maniobra de aproximación para el aterrizaje. Sus dimensiones y pendientes variarán dependiendo de la clave de referencia del aeródromo y de si la pista se utiliza para aproximaciones visuales, de precisión, o que no son de precisión.

Superficie de aproximación interna.- Porción rectangular de la superficie de aproximación inmediatamente anterior al umbral (ver fig. # 2.15).

Superficie de transición interna.- La finalidad de la superficie de transición interna, es servir de superficie limitadora de obstáculos para las ayudas de la navegación, las aeronaves y otros vehículos que deben hallarse en las proximidades de la pista. De ésta superficie solo deben sobresalir los objetos montados sobre soportes frangibles (ver fig. # 2.15).

Superficie de aterrizaje interrumpido.- Plano inclinado situado en una distancia especificada después del umbral, que se extiende entre las

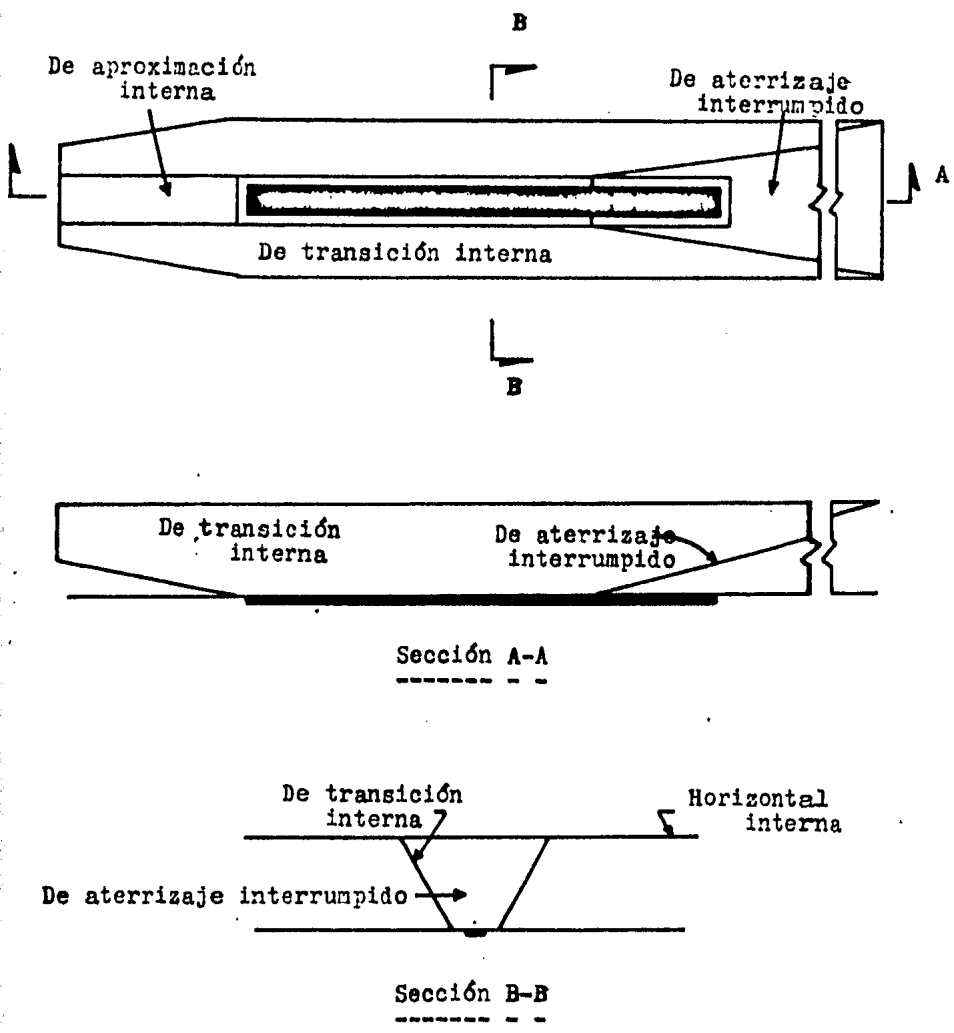


Fig. # 2.15 (Superficies limitadoras de obstáculos de aproximación interna, de transición interna y de aterrizaje interrumpido)

superficies de transición internas (ver fig. # 2.15).

Las superficies de aproximación interna, de transición interna de aterrizaje interrumpido, definen aquella parte del espacio aéreo en la ve cindad inmediata de las pistas para aproximaciones de precisión, conocida como zona despejada de obstáculos (OFZ).

Superficie de ascenso en el despegue.- Plano inclinado u otra su- perficie especificada situada más alla del extremo de una pista o zona li bra de obstáculos (ver fig. # 2.14). Esta superficie proporciona prote- ción a las aeronaves durante el despegue, indicado por obstáculos que de ben eliminarse, si ello es posible, y señalarse o iluminarse si la elimi- nación es imposible.

Las dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obs- táculos pueden verse en la tabla # 9.

2.b.1.a.1.b SUPERFICIES DE LOS PANS-OPS

Las superficies de los PANS-OPS tienen por objeto su utilización por los diseñadores de procedimientos, fundamentalmente para la constru- ción de procedimientos de vuelo por instrumentos, destinados a evitar co lisiones con obstáculos cuando se realizan vuelos por instrumentos. Al diseñar los procedimientos, el diseñador determinará las zonas (horizonta les) necesarias para los diversos tramos del procedimiento. Posteriormente analizará los obstáculos dentro de determinadas zonas y, a base de este análisis, especificará las alturas/altitudes mínimas de seguridad para ca da tramo del procedimiento, que utilizarán los pilotos.

Las figuras # 2.16, muestran secciones transversales característi- cas de dicho espacio aéreo despejado de obstáculos, dependiendo de las ca- racterísticas de la instalación para la navegación utilizada en la aproxi

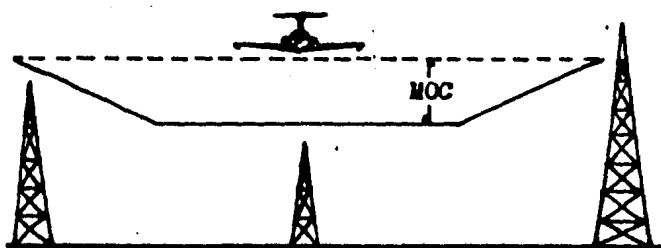
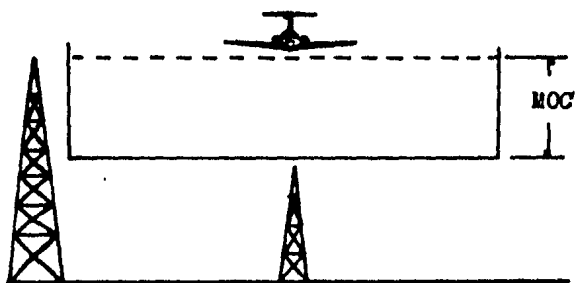


Fig. # 2.16 (MOC = Margen mínimo de
franqueamiento de
obstáculos)

-Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos

PISTAS DE ATERRIZAJE

Superficies y dimensiones ^a	Clasificación de las pistas									
	Aproximación visual				Aproximación que no sea de precisión			Aproximación de precisión		
	Número de clave				Número de clave			Categoría I		Categoría II o III
	1	2	3	4	1,2	3	4	1,2	3,4	3,4
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
CONICA										
Pendiente	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m
HORIZONTAL INTERNA										
Altura	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Radio	2 000 m	2 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m	3 500 m	4 000 m	4 000 m
APROXIMACION INTERNA										
Anchura	-	-	-	-	-	-	-	90 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	60 m	60 m	60 m
Longitud	-	-	-	-	-	-	-	900 m	900 m	900 m
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	2,5%	2%	2%
APROXIMACION										
Longitud del borde interior	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m
Distancia desde el umbral	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Primera sección										
Longitud	1 600 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Pendiente	5%	4%	3,33%	2,5%	3,33%	2%	2%	2,5%	2%	2%
Segunda sección										
Longitud	-	-	-	-	-	3 600 m ^b	3 600 m ^b	12 000 m	3 600 m ^b	3 600 m ^b
Pendiente	-	-	-	-	-	2,5%	2,5%	3%	2,5%	2,5%
Sección horizontal										
Longitud	-	-	-	-	-	8 400 m ^b	8 400 m ^b	-	8 400 m ^b	8 400 m ^b
Longitud total	-	-	-	-	-	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m
DE TRANSICION										
Pendiente	20%	20%	14,3%	14,3%	20%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
DE TRANSICION INTERNA										
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	40%	33,3%	33,3%
SUPERFICIE DE ATERRIZAJE INTERRUMPIDO										
Longitud del borde interior	-	-	-	-	-	-	-	90 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	^d 1 800 m ^c	^d 1 800 m ^c	1 800 m ^c
Divergencia (a cada lado)	-	-	-	-	-	-	-	10%	10%	10%
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	4%	3,33%	3,33%

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

b. Longitud variable (véase 4.2.9 ó 4.2.17).

c. ^d Distancia hasta el extremo de pista, si esta distancia es menor.

d. Distancia hasta el extremo de la franja.

Tabla # 9

mación, pero no de las características del avión en cuestión.

2.b.1.a.1.c SUPRESION DE OBSTACULOS

Cuando se hayan detectado obstáculos, el dueño del aeropuerto, con ayuda de las instituciones locales, debe procurar suprimirlos o reducir su altura para que dejen de ser propiamente obstáculos. Esto exigirá entrar en negociaciones con los propietarios de la finca. Si se trata de un objeto concreto como un árbol, una antena de televisión o una chimenea, quizás sea posible llegar a un acuerdo para reducir su altura hasta límites aceptables, sin efectos adversos. Cuando, por el contrario, se trate de edificios, puede ser necesario remover toda la estructura. Esto exigirá probablemente la compra de la finca o su expropiación. En ambos casos, el explotador del aeropuerto debe estar preparado a pagar la correspondiente indemnización al propietario.

Para el emplazamiento de un aeropuerto, se debe realizar un levantamiento de planos de obstáculos de aeródromo, el cual debe proporcionar principalmente :

- 1) La elevación del aeropuerto.
- 2) Las elevaciones del perfil de la pista.
- 3) La altitud y longitud del punto de referencia de aeródromo (ARP).
- 4) La anchura y longitud de cada pista.
- 5) El azimut de cada pista.
- 6) La planimetría del aeropuerto.
- 7) La situación y elevación de los obstáculos comprendidos en la área abarcada por el plano.

Estos puntos, se verán en el tema de Topografía, el cual se desarrollará más adelante.

2.b.1.a.1.d TIPOS DE EQUIPO E INSTALACIONES DE
AEROPUERTO QUE PUEDEN CONSTITUIR
OBSTACULOS

Hay muchos tipos de equipo e instalaciones de aeropuerto, que por las funciones que desempeñan en materia de navegación aérea, deben estar ubicados de modo tal que constituyen obstáculos. Entre ellos podemos mencionar :

- a.- Las antenas indicadoras de la trayectoria de planeo ILS.
- b.- Las radiobalizas interiores de señalización ILS.
- c.- Las antenas del localizador ILS.
- d.- Los indicadores de la dirección del viento.
- e.- Los indicadores de la dirección de aterrizaje.
- f.- Los anemómetros.
- g.- Los telémetros de las nubes.
- h.- Los transmisómetros.
- i.- Las luces elevadas de borde de pista, de umbral, de extremo de pista y de zona de parada.
- j.- Las luces elevadas de borde de calle de rodaje.
- k.- Las luces de aproximación.
- l.- Las luces de los sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación(VASIS).
- m.- Los letreros y balizas.
- n.- Los componentes del sistema de aterrizaje por microondas (MLS).
- ñ.- Ciertas instalaciones radar, electrónicas y de otro tipo.
- o.- El VOR ó VOR/DME cuando están emplazados en los aeródromos.
- p.- Los sistemas o elementos del radar de precisión para la aproximación.
- q.- El radiogoniómetro VHF.

r.- El equipo de mantenimiento del aeropuerto, por ejemplo, camiones, tractores, etc...

No obstante, es necesario que los países elaboren material de orientación para los proyectistas sobre las características estructurales apropiadas de estas ayudas, y sean lo menos posible un obstáculo para los aviones. Por ejemplo, la República Federal de Alemania ha construido antenas de trayectoria de planeo ILS, que consisten en tubos de paredes angostas y amplio diámetro, ligeramente cónicos y hechos de fibra de vidrio, de fibra corta. Estos mástiles pueden resistir un viento considerablemente fuerte, pero se quiebran al aplicarles una carga como la que se impondría el impacto de una aeronave, de tal modo que la aeronave no sufra un daño considerable.

A fin de reducir el peligro de que las aeronaves puedan chocar con las luces de aproximación, estas deben contar con algún dispositivo frágil o estar instaladas en soportes frangibles. En todos los casos, la luz y los soportes que forman parte del sistema de luces de aproximación deben romperse cuando se aplique horizontalmente, a 30 cm. por encima del punto de rotura de la estructura, una fuerza de choque que no exceda de 5 kg.m. y una carga estática no inferior a 230 kg.*

2.b.1.a.2 PRESENCIA DE OTROS AEROPUERTOS EN LA ZONA

Cuando se va a seleccionar la ubicación de un nuevo aeropuerto o cuando se va a ampliar el número de pistas de uno ya existente, debe tenerse en cuenta la presencia de los restantes aeropuertos existentes ya en esa área. Los aeropuertos deben de situarse a una suficiente distancia

* Manual de Servicios de Aeropuertos, parte 6, Limitación de Obstáculos, 2a. edición, publicado por la OACI.

uno de otro para prevenir que los aviones, que estén realizando un aterri-
zaje en un aeropuerto, interfieran con las operaciones de las aeronaves
de los otros aeropuertos. La distancia mínima entre aeropuertos depende
del volúmen y tipo de tránsito aéreo, y si los aeropuertos están equipa-
dos para operar bajo condiciones por instrumentos (IFR). Las operaciones
en el aire son muchísimo más complicadas durante los periodos de poca vi-
sibilidad. En condiciones de vuelo instrumental, el control del tránsito
aéreo separa a los aviones en las aerovías y mantiene el control hasta
que cada uno y en su turno puede intentar la aproximación instrumental al
aeropuerto.

La disposición de varios aeropuertos en una área metropolitana, pue-
de tener una gran influencia en sus respectivas capacidades si están si-
tuados muy cerca uno de otro, puesto que pueden estorbarse entre ellos
hasta el punto de que 2 aeropuertos puedan llegar a no tener más capaci-
dad, en condiciones (IFR), que la que tuviera uno sólo.

La ubicación de un aeropuerto, debe de estar armonizada con la confi-
guración del tránsito de sus aerovías si se desea que no se de lugar a
conflictos en las corrientes del tránsito.

Lógicamente, si los aeropuertos se estorban, esto repercutirá en la
economía de ambos.

2.b.1.b TIPO Y DESARROLLO DEL
AREA CIRCUNDANTE

Es un factor extremadamente muy importante, ya que la actividad de un aeropuerto desde el punto de vista del ruido, en particular, suele ser el de mayores objeciones por parte de los vecinos cercanos al aeropuerto, por lo tanto, resulta esencial hacer un estudio de los usos actuales y futuros de los terrenos adyacentes. Aquellos emplazamientos ofrecen una gran compatibilidad con las actividades del aeropuerto son los que tienen prioridad, pero sin dañar la ecología de la zona.

2.b.1.b.1 TERRENOS

El terreno es muy importante para el emplazamiento de un aeropuerto, puesto que va a ser el sitio donde se efectuarán las actividades aeroportuarias.

Para su estudio, se puede dividir en :

- a) Utilización.
- b) Disponibilidad para expansión.
- c) Valor.
- d) Efectos socio-económicos.

2.b.1.b.1.a UTILIZACION

Las ventajas e inconvenientes de los distintos emplazamientos, depende rán de la utilización de los terrenos circundantes .

En general, los preferibles emplazamientos cuyas trayectorias de aproximación pasen sobre extensiones sin población, exentos del peligro que presentan las aves, y en los que las ayudas para la aproximación puedan instalarse donde sea necesario, etc., en vez de los adyacentes a las zonas residenciales.

La contribución y utilización del aeropuerto debe ser compatible con las modalidades existentes y las proyectadas para la utilización del terreno.

La utilización de los terrenos en la proximidad de un aeropuerto, encierra 2 aspectos a saber :

- 1.- Atender las necesidades del aeropuerto, es decir, áreas de limitación de obstáculos, construcciones futuras en el aeropuerto, etc..
- 2.- Asegurar la ingerencia mínima con respecto al ambiente y al público, es decir, emplazando las áreas residenciales lejos de las zonas sometidas al ruido excesivo y al otro tipo de contaminación, preservando los terrenos destinados a parques, etc..

La extensión de un aeropuerto en cuanto a usos del terreno se refiere depende en gran parte de la cantidad de metros cuadrados disponibles. Los usos pueden clasificarse como ligados íntimamente o no a la aviación. Los primeros incluyen las pistas, las calles de rodaje, estacionamiento, edificios terminales, aparcamientos e instalaciones y servicios de mantenimiento. Los segundos incluyen espacios de recreo, actividades industriales y comerciales. Por ejemplo para :

Explotación agropecuaria.- Muchos aeropuertos pueden aumentar sus ingresos con esta forma de utilización, que no siempre es posible en las zonas urbanas.

Fines recreativos.- En muchos aeropuertos hay suficiente terreno sin aprovechar en las vecindades, que por medio de una planificación adecuada puede transformarse en centros de recreo dotados de todas las instalaciones necesarias, las cuales realzan la belleza y la animación de los alrededores de los aeropuertos.

Servicios municipales.- La instalación de los servicios municipales cerca de los aeropuertos, no sólo es compatible con su funcionamiento sino que también es lógica. La expansión industrial, residencial y comercial de la población aeroportuaria produce una creciente demanda de agua, alcantarillado y centrales eléctricas, y se ha demostrado que concentrar estas instalaciones en la zona aeroportuaria es económico y acertado. Aunque se consideran que las centrales eléctricas y las líneas de alta tensión constituyen un peligro. Los vertedores de basuras y los incineradores pueden traer consigo el problema del humo, además los estanques pueden atraer a las aves.

Fines comerciales.- Los edificios destinados al comercio deben construirse con sistemas de acondicionamiento acústico y del aire, que reduzcan el ruido exterior a un nivel que permita el desarrollo de las actividades en el interior de ellos.

Fines industriales.- En general, la ubicación de centros industriales en el aeropuerto se ha demostrado que es compatible con el ruido de las aeronaves, debido al nivel de ruido ambiental relativamente alto, tanto interno como externo, que acompaña a la actividad industrial. Este factor, unido a la creciente necesidad de zonas industriales alrededor de los aeropuertos, ha contribuido al crecimiento de centros industriales en los aeropuertos de la aviación general o comercial y en sus proximidades*.

* Nota: Un factor importante que hay que tomar en cuenta, es la cantidad de humo, que impide la visibilidad aérea.

Uso residencial e institucional.- Para uso residencial se entien de el destinar terrenos a la construcción de viviendas familiares y fincas.

El uso institucional consiste en destinar terrenos a la construcción de edificios para uso de la comunidad, tales como escuelas, hospitales e iglesias. Las necesidades de los pacientes en los hospitales y el nivel de sonido para la comunicación oral en las iglesias y escuelas, exigen que se estudie especialmente ese problema cuando se edifican en las proximidades de los aeropuertos.

Cuando se consideran las actividades comerciales o industriales, hay - que tener cuidado de asegurarse que tales actividades no interferirán con - las maniobras de las aeronaves. Por ejemplo, las perturbaciones electrónicas podrían interferir con los equipos de navegación o de comunicación del avión y con las ayudas en tierra. El humo puede debilitar la visibilidad.

Las instalaciones recreativas tales como campos de golf es conveniente que se encuentran dentro de los límites del aeropuerto. Los usos agrícolas tam - bién son apropiados siempre que no atraigan pájaros.

La lista de utilización de los terrenos, que se presentan más adelante (Tabla # 10), son consideraciones relativas al peligro aviario. Esta tabla se basa en 3 circunferencias concéntricas (cuyos radios son de 3.2, 4.8 y - 8 Km. respectivamente), en torno a un aeropuerto, cuyo centro se toma como - punto de referencia (ver Fig. # 2.17).

Area A: Consiste en todo el terreno que se encuentra dentro de la circunferencia de 3.2 Kilómetros.

Area B: Consiste en todo el terreno que se encuentra entre las circunferencias de 3.2. y 4.8 Kilómetros.

Area C: Consiste en todo el terreno que se encuentra entre las circunferencias de 4.8 y 8 Kilómetros.

Tabla # 10*

Utilización de los Terrenos 1)	POSIBLE PELIGRO AVIARIO		
	Area A	Area B	Area C
<u>ESTADO NATURAL</u>			
reservas forestales de configuración 2)	NO	NO	NO
reservas forestales de árboles de hojas caducas.	SI	SI	NO
zonas protegidas de cría de peces.	SI	SI	NO
zonas protegidas de cría de pájaros.	SI	SI	SI
terrenos pantanosos.	SI	SI	SI
áreas de anegamiento y de control de inundaciones.	SI	SI	SI
cotos de caza.	SI	SI	SI
<u>EXPLORACION AGROPECUARIA</u>			
viveros para jardinería 2)	NO	NO	NO
explotaciones forestales 2)	NO	NO	NO
explotación ganadera 3)	NO	NO	NO
granjas lecheras.	NO	NO	NO
viveros de césped.	SI	SI	NO
granjas para cosechas de semillas.	SI	SI	NO
granjas destinadas al cultivo agric.	SI	SI	NO
granjas porcinas.	SI	SI	SI
granjas de árboles frutales.	SI	SI	SI
comederos de ganado.	SI	SI	SI
corrales.	SI	SI	SI
criaderos de animales de pelo.	SI	SI	SI
<u>FINES RECREATIVOS.</u>			
campos de golf 4)	NO	NO	NO
parques 4)	NO	NO	NO
terrenos de juegos 4)	NO	NO	NO

* MANUAL DE SERVICIOS DE AEROPUERTOS, parte 6, Limitación de Obstáculos,

2da. edición, publicación de la OACI.

Utilización de los terrenos 1)	<u>POSIBLE PELIGRO AVIARIO</u>		
	Area A	Area B	Area C
<u>FINES RECREATIVOS</u>			
campbs de atletismo 4)	NO	NO	NO
pistas de equitación 3), 4)	NO	ON	NO
canchas de tenis 4)	NO	NO	NO
terrenos para giras campestres y para camping.	SI	NO	NO
academia de equitación.	SI	SI	NO
hipódromos.	SI	SI	NO
terrenos de feria.	SI	SI	SI
teatros al aire libre.	SI	SI	SI
<u>FINES COMERCIALES.</u>			
oficinas.	NO	NO	NO
ventas al por menor	NO	NO	NO
hoteles y moteles.	NO	NO	NO
restaurantes.	NO	NO	NO
estacionamiento de vehículos.	NO	NO	NO
teatros bajo techo.	NO	NO	NO
depósitos.	NO	NO	NO
centros comerciales.	NO	NO	NO
estaciones de servicio.	NO	NO	NO
cementerios.	NO	NO	NO
restaurantes de carretera	SI	SI	NO
<u>FINES INDUSTRIALES 5)</u>			
canteras (si se explotan raramente, están abandonadas o hay charcos de agua en ellas)	SI	SI	SI
manufacturas alimentarias.	SI	SI	NO
instalaciones manufactureras.	NO	NO	NO
<u>SERVICIOS PUBLICOS 5)</u>			
entierro de basuras.	SI	SI	SI
vertedores de basura.	SI	SI	SI
tratamiento de aguas residuales.	SI	SI	SI
purificación de aguas.	NO	NO	NO
almacenamiento de agua (depósitos)	SI	SI	SI

Utilización de los terrenos 1)	<u>POSIBLE PELIGRO AVIARIO</u>		
	Area A	Area B	Area C
<u>TRANSPORTE</u>			
carreteras.	NO	NO	NO
líneas férreas.	NO	NO	NO
instalaciones portuarias.	SI	SI	SI

NOTAS:

1) Si se trata de aeropuertos internacionales, el radio de las circunferencias que limitan las áreas A y B deben aumentarse 1.6 Km. Debido a la longitud y orientación de las pistas en estos lugares, éstas deben protegerse mediante corredores de 1.6Km., de ancho que se prolonguen 8 Km., desde el extremo de la pista. En los puntos en que estos corredores sobrepasen la circunferencia de un radio de 8 Km., el área se designará como "C". Deben tomarse la medida o medidas necesarias para evitar usos incompatibles a ambos lados de estas prolongaciones, para desalentar el paso de las aves por estas áreas.

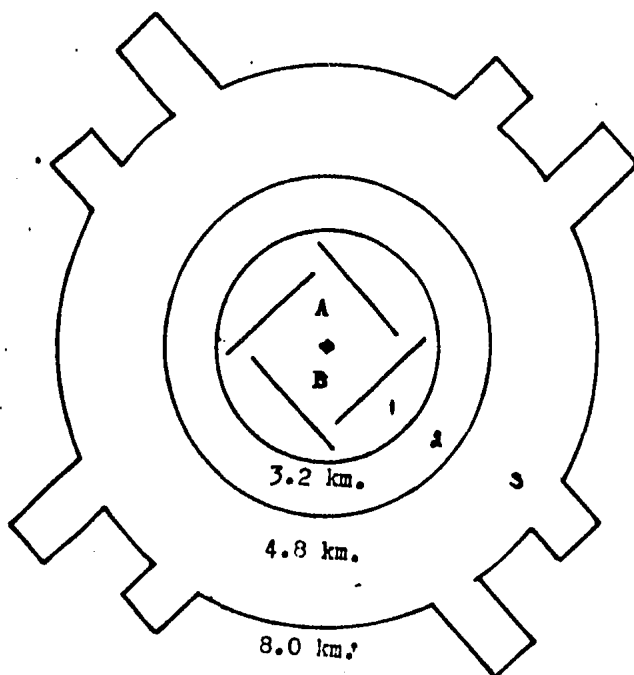
2) Siempre que no se mantengan poblaciones aviarias que podrían constituir un peligro para la seguridad aeronáutica.

3) Siempre que las aves no tengan acceso a los alimentos y que se adopten precauciones para lograr que la acumulación de excremento no atraiga a las aves.

4) Siempre que las zonas se mantengan limpias y libres de restos de comida, de los desperdicios de los restaurantes y de otra clase que atraigan a las aves.

5) Los edificios con azotea, que por su diseño o por accidente, formen charcos en su superficie, no son recomendables dentro del área A, salvo que las aves no tengan acceso al agua.

Los pronósticos de exposición al ruido son necesarios para elaborar -



SIMBOLOGIA :

- A Aeropuerto
- B Punto de referencia
- 1 Area A
- 2 Area B
- 3 Area C

Fig. # 2.17

programas destinados a limitar la exposición total de las poblaciones al ruido de las aeronaves y a posibilitar la compatibilidad del funcionamiento de los aeropuertos con la vida de las poblaciones.

Como mínimo deben establecerse 3 zonas con fines de planificación de la utilización de los terrenos en lo que respecta al ruido de aeronaves, en la vecindad de los aeropuertos y son:

ZONA A: En la cual los diferentes usos del terreno no están necesariamente limitados por problemas de exposición al ruido.

ZONA B: En la cual pueden hallarse niveles moderados de exposición al ruido y puede ser necesario limitar las utilidades del terreno.

ZONA C: En la cual pueden encontrarse altos niveles de exposición al ruido y en consecuencia, puede ser necesario limitar la mayoría de los usos de los terrenos y prohibir gran parte de las construcciones.

Compatibilidad de los usos del terreno.	Zonas de pronóstico de la exposición al ruido (NEF)		
	Menos de 30 dB	30-40 dB	Más de 40 dB
Residencial.	si	B)	no
Comercial.	si	si	C)
Hotel, motel.	si	C)	no
Oficinas, edificios públicos.	si	C)	no
Escuelas, hospitales, iglesias.	C)	no	no
Teatros, auditorios.	A) C)	no	no
Anfiteatros al aire libre.	A)	no	no
Actividades recreativas al aire libre (sin espectadores).	si	si	si
Industrial.	si	si	C)

Tabla # 11

Tabla # 11 (Tabla de compatibilidad de los usos del terreno, en lo que respecta al ruido de las aeronaves)

NOTAS:

- A) En el caso de auditorios musicales cerrados o al aire libre y de teatros al aire libre, personal competente debe realizar un análisis detallado del ruido.
- B) Los estudios en casos individuales indican que las personas que habitan en las residencias privadas suelen reclamar, a veces con energía. Puede haber una acción concertada de grupo. En general, debe evitarse construir nuevas viviendas individuales. La nota C) se aplica a la construcción de apartamentos.
- C) Deben analizarse los requisitos de reducción para estos edificios e incluirse en el plan del edificio los dispositivos necesarios para el aislamiento contra el ruido.

La utilización del terreno en la vecindad del aeropuerto puede controlarse de las siguientes maneras:

- 1.- PLANIFICACION, es decir, la creación de un organismo planificador y asesor que estudie y planifique la utilización del terreno.
- 2.- ZONIFICACION, que es el instrumento legal para imponer límites a las alturas que el aeropuerto necesita, con lo cual no habría obstrucciones para los aviones.
- 3.- COMPRA DE DERECHOS PARCIALES A LOS TERRENOS, efectuada por el aeródromo u otra autoridad pública.
- 4.- ADQUISICIONES, que dan a los aeropuertos u otras autoridades públicas el pleno derecho de propiedad sobre los terrenos.

2.b.1.b.1.b DISPONIBILIDAD PARA EXPANSION

En un campo tan dinámico como la aviación, resulte necesario adquirir o llegar a poder adquirir en el futuro el suficiente terreno para que el - aeropuerto pueda extenderse.

Históricamente, según fueron aumentando las dimensiones de las aeronaves y creciendo el número o volúmen de tránsito, las pistas tuvieron más - longitud, las instalaciones de las terminales crecieron y hubo que proporcionar un mayor número de instalaciones y servicios, por lo cual tuvo que - disponerse de suficiente espacio real para poder acomodar las nuevas instalaciones y servicios.

Esto demuestra, que debe tenerse disponible una cierta área de terreno que pueda absorber las nuevas exigencias que se le presenten al aeropuerto.

2.b.1.b.1.c VALOR

Los aeropuertos necesitan espacio suficiente para futuras ampliaciones por lo que el valor del terreno es un punto que debe tomarse en cuenta.

En general, la demanda de transporte aéreo guarda relación con el sector de población al que sirve y en consecuencia, puede preverse que, en - gran parte, la construcción de futuros aeropuertos se llevará a cabo en las cercanías de las zonas metropolitanas.

Dado el crecimiento de las poblaciones urbanas, la mejora del nivel de vida y la ampliación de las redes de carreteras, la superficie ocupada por los distritos metropolitanos continuará dilatándose (por ejemplo de Cd. de México). Por lo general, el valor de los terrenos aumenta considerablemente a medida que la zona pasa de rural a urbana, razón por la cual la oportuna reserva de los emplazamientos adecuados, permitirá casi siempre, - que los aeropuertos estén mejor situados y su costo sea menos elevado.

Cuando se considera la conveniencia de un emplazamiento, a menos que pueda regular la planificación de la zona para evitar que se desarrolle para fines incompatibles, puede plantearse la cuestión de saber si se podrá disponer de terrenos suficientes para futuras ampliaciones.

El hecho de adquirir, desde un principio, todo el terreno que se considere necesario garantiza la posibilidad de efectuar futuras ampliaciones y con frecuencia, es el procedimiento más económico. No obstante, al comparar simplemente los gastos previstos para la adquisición presente y futura de terrenos no se tiene en cuenta el importante factor tiempo, por lo que no constituye una base satisfactoria para decidir si ha de comprarse o no de antemano la tierra.

El dinero abonado al contado tiene más valor que el gastado en el futuro, ya que, si se aplaza el desembolso puede invertirse el capital que devenga intereses inmediatos. Antes de obtener una buena base para cualquier decisión, convirtiendo los pagos futuros a su valor potencial de ingresos en la actualidad, es preciso tener en cuenta el valor actual de los terrenos y las fluctuaciones que pueden producirse en los precios de la propiedad, así como la revalorización que puede aportar el desarrollo de viviendas, industrias, agrícola o de otra naturaleza.

2.b.1.b.1.d EFECTOS SOCIO-ECONOMICOS

Ver 2.b.1.e "Efectos en la comunidad".

2.b.1.b.2 ESTUDIO ECOLOGICO

El emplazamiento de un aeropuerto puede tener repercusiones importantes en el entorno natural, especialmente cuando entran en juego largas extensiones en las que se deban desviarse corrientes de agua o canales de drenaje, la vida de la fauna puede verse perturbada y tal vez sea necesario modificar nuevamente los bosques y espacios recreativos.

Deben efectuarse estudios del impacto que tendrá la construcción y funcionamiento de un aeropuerto o la ampliación de uno existente, y los niveles aceptables de la calidad del aire y del agua, niveles del ruido, procesos ecológicos y expansión demográfica en la zona, a fin de determinar como pueden satisfacer mejor las exigencias del aeropuerto.

Los factores importantes en este campo son el ruido (se verá más adelante), la contaminación atmosférica y del agua, los desperdicios industriales y las aguas residuales del propio aeropuerto, así como la perturbación de los valores ecológicos.

2.b.1.b.2.a CONTAMINACION ATMOSFERICA

Es inevitable que en un aeropuerto se genere cierto grado de contaminación atmosférica, y el tipo más evidente es la proveniente de los motores de las aeronaves.

Los subproductos indeseables de la contaminación producidos por los motores de las aeronaves son : Monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no totalmente quemados, óxido de nitrógeno y partículas sólidas diminutas. Estas partículas suspendidas en el aire, constituyen la prueba visible de la contaminación atmosférica en forma de nube o de humo, que si bien es desagradable a la vista o inconveniente para las actividades aeronáuticas,

se considera que para la salud pública representa un peligro menor que las otras emisiones de los motores. Por lo general, se considera que las emisiones de los motores de las aeronaves modernas propulsadas por turbinas son menos perniciosas para la salud que las que provienen de los motores de émbolo, tales como los que utilizan los vehículos terrestres, algunos aviones ligeros y aeronaves comerciales de tipo antiguo.

Tal como sucede con el ruido (se verá más adelante), se sigue estudiando una técnica encaminada a reducir la emisión de contaminantes producidos por las aeronaves, esto es reducir los efectos perjudiciales a la comunidad. Los proyectistas dirigen en gran parte sus esfuerzos en pro de la reducción de los gases de escape. También es posible reducir las emisiones mediante ciertos procedimientos operacionales, por ejemplo reduciendo al mínimo el tiempo de funcionamiento de los motores a bajo régimen.

2.b.1.b.2.b PROTECCION DE LA FLORA Y DE LA FAUNA

La utilización de los terrenos para los aeropuertos crea inevitablemente perturbaciones en la flora y en la fauna. Los trabajos de construcción en los aeropuertos requieren frecuentemente el despeje y la tala de árboles y de más vegetación; cambios en la topografía del terreno y perturbación del régimen hidráulico. Por lo tanto, los aeropuertos pueden destruir el hábitat y los terrenos donde los animales salvajes encuentran su alimento, y también destruir ciertas plantas importantes para el equilibrio ecológico de la zona.

Una consideración importante relativa a la seguridad operacional del aeropuerto, es que las aves no cambian sus hábitos en la zona y, por ello, existe el riesgo de que choquen con las aeronaves. El peligro aviario en los nuevos aeropuertos propuestos pueden reducirse al mínimo seleccionando

cuidadosamente el lugar, con el fin de evitar las corrientes migratorias tradicionales de las aves y los lugares que son por naturaleza atractivos para las mismas, y utilizando los terrenos adyacentes al aeropuerto para fines que no representan un atractivo para la concentración de las aves en la zona.

El problema de las aves puede resolverse utilizando métodos para ahuyentarlas y haciendo que el aeropuerto y sus alrededores no resulten atractivos para los pájaros (en el tema de "Utilización del terreno" se hallan tablas para esto).

La necesidad de proteger ciertas especies de la flora y la fauna puede anular las propuestas de emplazamiento de un aeropuerto o imposibilitar su expansión futura.

Cuando se piensa que la presencia de un aeropuerto va a crear dificultades a la flora y la fauna, debe hacerse todo lo posible para reducir al mínimo esas dificultades, preparando otras áreas que sirvan de habitat adecuado, por ejemplo, reforestando con plantas de especies apropiadas o construyendo lagos artificiales.

2.b.1.b.2.c CONTAMINACION DEL AGUA

Debe prestarse especial atención a la posible contaminación del agua durante la construcción del aeropuerto. Las actividades de construcción, que pueden causar la contaminación de las corrientes de agua comprenden los trabajos de tala y desbrozo, y el control de las plagas. Generalmente, la eliminación de la vegetación trae consigo una mayor cantidad de tierra arrastrada hacia las corrientes de agua. La lucha contra las plagas, especialmente la utilización de materiales que se aplican por dispersión, aporta al agua sustancias químicas tóxicas de lenta degradación. El derrame de combustible y de los productos químicos que se emplean en

los trabajos de construcción de los edificios, y del pavimento también puede contribuir a alterar el equilibrio hidrológico de los cursos de agua de la zona. Las modificaciones que surgen en las vías naturales de avenamiento de una zona dada, por la presencia del aeropuerto, puede hacer desbordar ciertos ríos y provocar inundaciones. En otros casos, el seguir la corriente cursos diferentes, puede secar el cauce de ciertos ríos.

Algunos aeropuertos, debido a su emplazamiento pueden afectar la línea ribereña de los ríos, lagos o mares.

Las aguas residuales pueden tratarse en el aeropuerto o bien desviarse a una instalación municipal de tratamiento, cercana. El tratamiento de las aguas residuales del aeropuerto debe ajustarse a lo previsto por la ley, y si esas aguas se conectan a la red pública quizás sea necesario un tratamiento previo de las mismas, con el fin de lograr que sea compatible con las instalaciones de tratamiento.

Cuando se utilicen sustancias químicas en el aeropuerto, se debe seleccionar y utilizar de modo que la contaminación del agua se reduzca al mínimo.

2.b.1.b.2.d

EROSION DEL SUELO

A consecuencia de la eliminación de la vegetación y de la perturbación de la vertiente de las aguas, el suelo del aeropuerto o de sus adyacencias puede sufrir erosiones debido a los agentes atmosféricos o, en mayor grado, al chorro de salida de las turbinas. En la práctica, la reforestación puede evitar que surja ese problema, aunque en las zonas áridas puede ser necesario llevar a cabo trabajos de protección para impedir la erosión, por ejemplo, afirmar la superficie de los taludes, pavimentar los flancos de las calles de rodaje y revestir los canales de desagüe.

2.b.1.b.2.e INTERVENCIÓN DEL GOBIERNO EN
EL CONTROL AMBIENTAL

Las medidas encaminadas a reducir la contaminación son de naturaleza física (como las descritas anteriormente) y de carácter legislativo :

La legislación mexicana en cuanto a la protección del medio creó la "Ley Federal para prevenir y controlar la Contaminación Ambiental", publicada en el Diario Oficial, el martes 23 de marzo de 1971.

Dos años más tarde de aparecida la ley, el 29 de marzo de 1973, se publicó en el Diario Oficial el "Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas".

Para la preparación de un estudio ambiental o de sus consecuencias ambientales, el gobierno exige que las conclusiones incluyan los siguientes requisitos :

- 1.- Las consecuencias ambientales del desarrollo propuesto.
- 2.- Cualquier tipo de efecto ambiental que el plan diseñado no pueda evitar.
- 3.- Las posibles alternativas sobre el plan propuesto.
- 4.- La relación a corto plazo entre las necesidades ambientales del ser humano, y el mantenimiento y mejoramiento de la productividad a largo plazo.
- 5.- Cualquier variación de tipo ambiental que pudiera producirse de una forma irreversible, a causa del desarrollo deberá ser profundamente analizada.
- 6.- Consecuencias producidas por el crecimiento inducido.
- 7.- Medidas para reducir al mínimo posible el impacto producido por el crecimiento.

Para la aplicación de estas directrices, debe prestarse una especial atención a las siguientes preguntas.

¿Puede el desarrollo propuesto? :

- a) Causar controversia.
- b) Afectar notablemente el nivel de ruido ambiental para un número significativo de personas.
- c) Desplazamiento de un número grande de personas.
- d) Tener un efecto significativo tanto estético como visual.
- e) Dividir una comunidad ya establecida o romper usos ya existentes (separar las áreas residenciales de las áreas de recreo o de los centros comerciales).
- f) Producir cualquier efecto en áreas de cierto interés y de belleza panorámica.
- g) Destruir o perjudicar áreas de recreo importantes.
- h) Alterar de manera sustancial el modo de vida de las especies.
- i) Perjudicar de una forma importante la vida salvaje, anidadas o terrenos de pastoreo.
- j) Incrementar significativamente la polución del aire o del agua.
- k) Afectar adversamente el nivel freático de una zona.
- l) Causar una congestión excesiva en los medios de transporte terrestre ya existentes.
- m) Efecto negativo en el plan de utilización del terreno de la región en cuestión.

2.b.1.b.2.f RUIDO

Entre los factores que deben considerarse al proyectar un aeropuerto se cuentan: la medición y descripción del ruido producido por las aeronaves, la reglamentación de la utilización de los terrenos, los procedimientos para atenuar el ruido de los motores en la tierra y en el vuelo, la certificación de aeronaves en cuanto al ruido, la tolerancia humana al ruido de las aeronaves, el efecto que tiene en la vecindad de los aeropuertos, el aumento del tránsito y la entrada en servicio de nuevos tipos de aeronaves.

El nivel de ruido producido por las aeronaves en el aeropuerto y en sus inmediaciones, se considera generalmente una partida principal de gastos adscrita al medio ambiente y relacionada con la instalación.

El motor de las aeronaves es, con mucho, el factor que más influye en el ruido de un aeropuerto. La intensidad y naturaleza del ruido del motor de la aeronave es bastante variable, según el tipo de motor de la operación que se realiza. La molestia debida al ruido, en relación con un aeropuerto, está también estrechamente relacionado con la frecuencia de las actividades realizadas con la aeronave y su distribución diurna, es decir, que el ruido representa una molestia mayor de noche que de día.

El inconveniente mayor es un alto nivel de ruido en el aeropuerto, el ruido representa un peligro cierto para la salud de los empleados, quienes debido a la naturaleza de sus tareas, se encuentran sometidos por mucho tiempo al ruido intenso producido por las aeronaves. En consecuencia es necesario adoptar medidas precautorias para proteger a esas personas; por ejemplo utilizando obligatoriamente dispositivos acústicos protectores. Las repercusiones del ruido excesivo de los aeropuertos sobre las zonas residenciales atañen principalmente a factores sociales y de comportamiento (ver "Utilización de los terrenos").

El terreno mayormente expuesto al ruido se encuentra directamente de-

bajo y a ambos lados de las trayectorias de aproximación y despegue.

Sobre las bases de éstos conocimientos se han desarrollado una serie de procedimientos simplificados que permiten al planificador, estimar la magnitud y extensión del ruido debido a las operaciones aeroportuarias y pronosticar la respuesta de la comunidad.

El nivel de presión sonora se expresa generalmente en decibelios o decibeles:

Unidad de medida de la intensidad del sonido; un ruido de 1 decibelio es apenas perceptible por el oído humano; un murmullo a 1.5 m. de distancia o el susurro de las hojas de un árbol en un brisa suave, tiene una intensidad de 10 decibelios; una conversación corriente, 40; una oficina tranquila 50; una oficina ruidosa, de 60 a 70; una calle de tránsito pesado, 90; un taladro neumático a 3 m. de distancia, 96; los motores de un avión a 6 m., - 120.

Utilizando los decibelios como unidad de medida, esa gran gama de niveles de presión sonora puede estar comprendida aproximadamente entre 0 y 150 dB (ver fig. # 2.18).

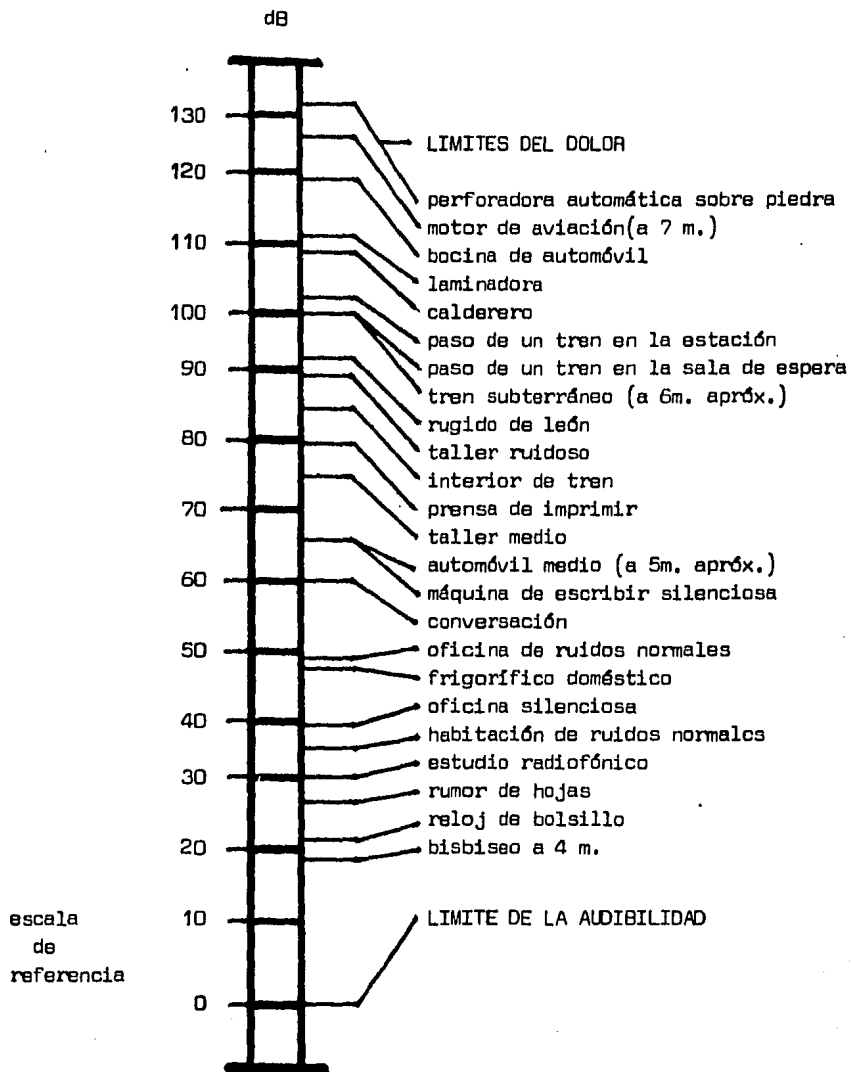


Fig. # 2.18 Niveles de Ruidos
(en Decibelios)

El ruido se mide normalmente con un instrumento conocido con el nombre de "fonómetro o sonómetro" que registra en decibelios.

Cada una de las investigaciones llevadas a cabo sobre el ruido de un avión ha demostrado que el impacto de las operaciones de la aeronave sobre las comunidades es función no solo de la intensidad de una pasada única, sino también de la duración y número de operaciones que tienen lugar durante el día y la noche.

RESTRICCIONES PARA EL RUIDO

A las restricciones locales se debe la prohibición de volar de noche, que rige en muchos aeropuertos y en algunos de ellos, la prohibición absoluta del vuelo de ciertos tipos de aeronave, debido al ruido que producen. Por lo general, estas limitaciones son inconvenientes, ya que reducen el aprovechamiento de las instalaciones del aeropuerto, e imponen restricciones indeseables al desarrollo del transporte aéreo.

Las restricciones con respecto al ruido, han requerido la introducción de procedimientos operacionales que permiten reducir el nivel del ruido en las áreas adyacentes. Por ejemplo, la selección de trayectorias específicas para la aproximación y el despegue y la adopción de niveles máximos de empuje del motor para ciertas fases operacionales, son procedimientos de uso corriente para atenuar el ruido.

Aparte de las medidas que se mencionan anteriormente, es posible reducir los efectos del ruido haciendo lo siguiente.

- a) Planificando la utilización de los terrenos (ver "Utilización de Terrenos").
- b) Instalando barreras acústicas.

Las barreras acústicas pueden comprender medidas tan amplias como la utilización de tapones protectores en los oídos (para las personas sometidas

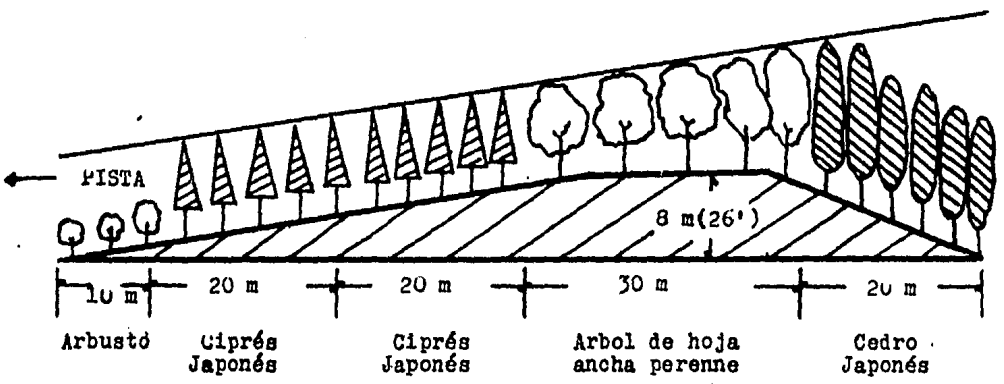
das a ruido de gran intensidad) hasta la insonorización de los edificios.

Para proteger ciertos sectores de los ruidos del aeropuerto, pueden plantarse árboles, los cuales absorben cierta intensidad de ruido (ver fig. # 2.19). El talud facilita la forestación y permite lograr un aislamiento considerable del ruido, aún en la etapa inicial, cuando los árboles no han adquirido todavía su pleno desarrollo, el talud mismo presenta un efecto - aislante pronunciado.

Por lo tanto, es importante adquirir o disponer de una extensión suficiente de terreno para salvar o mitigar el problema del ruido, tanto en el propio aeropuerto como en los núcleos de población.

La selección de un emplazamiento adecuado y la planificación atinada de la utilización del terreno circundante pueden contribuir enormemente a mitigar, o acaso eliminar totalmente, el problema del ruido inherente al aeropuerto.

Superficie limitada



"Corte transversal del bosque aislante, según estudios realizados por Japón"

Fig. # 2.19
 --- ---

2.b.1.c CONDICIONES ATMOSFERICAS

Las condiciones meteorológicas pueden variar considerablemente entre emplazamientos situados en la misma zona. La distribución de los vientos, combinada con la visibilidad y el techo de nubes (ver análisis de los vientos), son elementos de primordial importancia para decidir la orientación de las pistas y tomar medidas en previsión de que las operaciones se realicen en condiciones por instrumentos o en condiciones visuales, puesto que los complejos aeroportuarios deben ubicarse en sitios que deben tener, espacio aéreo, vientos moderados, visibilidad, así como otras condiciones atmosféricas adecuadas para el aterrizaje y despegue de los aviones.

Por tanto, se deben hacer estudios de los posibles emplazamientos con respecto a la formación de niebla, fenómenos de turbulencia o mayor precipitación lluviosa, lo cual puede restar eficiencia y regularidad a las operaciones. Este análisis, se logra colocando estaciones meteorológicas en dichos posibles emplazamientos, recabando datos al respecto.

Los factores climatológicos que afectan al funcionamiento de las aeronaves en su despegue o aterrizaje, son :

- a.- LA NIEBLA.- Nube más o menos densa, en contacto con la tierra, oscurece la luz solar.
La niebla tiene tendencia a establecerse en las áreas donde existe poco viento, siendo posible que la falta de este viento sea la topografía circundante.

b.- TURBULENCIA .- Perturbación violenta de las corrientes de aire, por lo cual puede llegar a impedir la sustentación o el control del avión.

c.- HUMO.- Producto gaseoso de la combustión incompleta de materias orgánicas, visible por las partículas de carbón que contiene. Los centros industriales pueden producir humo que se concentre en determinada dirección bajo el efecto de los vientos predominantes, por lo cual en ciertas zonas la visibilidad puede ser limitada, excluyendo así las operaciones visuales.

d.- LLUVIA.- Precipitación atmosférica en forma de gotas de agua, éstas se forman cuando la temperatura baja lo suficientemente para que se condense aún más el vapor de agua de las nubes, crecen por agregación e impacto y por nueva condensación de humedad en su superficie, y al fin, su peso es superior al empuje del aire ascendente y caen en forma de lluvia. La lluvia reduce el coeficiente de rozamiento de las pistas, lo cual se traduce en un menor control del avión en su despegue o aterrizaje, también ejerce una fuerza que se opone a la sustentación en el despegue de un avión e impide la visibilidad.

e.- NIEVE.— Agua congelada en cristales muy menudos que se desprenden de las nubes y se agrupan al caer formando copos blancos, y al igual que la lluvia, reduce el coeficiente de rozamiento de las pistas y obstruye la visibilidad.

2.b.1.d ACCESIBILIDAD AL TRANSPORTE TERRESTRE

Al definir un aeropuerto como el sitio preparado, estación de liga, donde la carga (pasajeros y mercancías), cambia su transporte por otro que es el aéreo, utilizando para ello aeronaves, podemos darnos cuenta que para utilizar el aeropuerto, debemos tener un acceso a él ya sea por vías terrestres o marítimas.

El acceso por transporte terrestre es mucho más común y es proporcionado básicamente por el automóvil.

Para que un aeropuerto pueda prestar servicios eficientes, es indispensable que los pasajeros y las mercancías tengan acceso rápido y cómodo al mismo. Los posibles emplazamientos que cuenten con sistemas de transporte ineficientes o inadecuados, que no permitan la circulación uniforme del tránsito en todo momento, exigirán desembolsos para remediar estas deficiencias. En igualdad de condiciones, son preferibles los emplazamientos que estén comunicados por una red de carreteras apropiada y, cuando corresponda, por ferrocarriles y vías navegables.

El tiempo en que el pasajero tarda en llegar desde su punto de origen hasta el aeropuerto, hay que tenerlo muy en cuenta. En muchos casos, el tiempo para realizar este recorrido en tierra excede notablemente del

que se emplea en el transporte aéreo, y claro está que con la introducción de los transportes a reacción, el margen ha aumentado aún más.

Los estudios realizados en el transporte terrestre hacia un aeropuerto, indican que la mayoría de los pasajeros, visitantes y empleados de dicho aeropuerto utilizan el automóvil privado y al parecer la tendencia es que así se seguirá en el futuro.

Los orígenes y destinos de los forasteros parecen más bien centralizarse en los hoteles cercanos a las zonas de negocios o de recreación. Por otra parte, muchos de estos viajeros hacen uso de automóviles de alquiler.

Como el transporte aéreo sigue creciendo, el volumen de pasajeros puede llegar a ser tan grande que se hagan necesarios medios especiales de transporte para desplazarse al aeropuerto. Esto es lo que ocurre especialmente en las grandes zonas urbanas, siempre que la punta normal en los períodos de tránsito de vehículos coincide con las puntas de período de tránsito en el aeropuerto. En algunas ciudades existe un ferrocarril que conecta al aeropuerto con una terminal al centro de la ciudad (por ejemplo en la Cd. de México con el metro, aunque es poco usado por éste tipo de viajeros).

Otras ciudades ya están preparando instalaciones similares, y aunque dichas instalaciones son indudablemente onerosas y quizás no lleguen a poder justificarse económicamente, bajo el punto de vista de servir tan solo al aeropuerto, también es verdad que podrán llegar a ser útiles en el futuro como parte de un medio de transporte rápido para el conjunto del área metropolitana.

En cualquier caso, el coche particular seguirá siendo un importante medio de transporte para llegar al aeropuerto y debido a ello, la planificación de calles y carreteras así como zonas de aparcamiento del aeropuerto son factores que deben tomarse en cuenta.

Se debe coordinar la planificación de las carreteras con los planes

de atenuación del ruido en los aeropuertos. Si al planear un sistema de carreteras en las cercanías de un puerto aéreo, o uno que incluya un camino de acceso a éste, se procede en coordinación con los funcionarios aeroportuarios, se puede a menudo conseguir que la carretera pase por debajo de las trayectorias de aproximación y ascenso de las aeronaves. La carretera puede ocupar el lugar de las viviendas afectadas por el ruido, y es más fácil utilizar las zonas contiguas para fines comerciales, industriales y de recreo, y para zonas de parques.

En las primeras etapas de investigación, debe comunicarse a las dependencias oficiales encargadas de los sistemas de transporte público y por carretera, toda propuesta de construcción de un nuevo aeropuerto y de obras importantes de ampliación de los ya existentes. Debe recabarse su asistencia para obtener detalles de las instalaciones existentes y de las mejoras previstas. Con ello se logrará que dichas dependencias estén debidamente informadas y se creará un clima propicio a la colaboración futura.

Otras notas que deben tomarse en cuenta son :

1).- Cuando el tiempo invertido en el viaje por tierra sea aproximadamente igual entre varios emplazamientos posibles, el precio del viaje será determinante.

2).- La comodidad de los pasajeros que se trasladan al aeropuerto por medios de superficie es, igualmente, un aspecto que merece detenido estudio. Por ejemplo, una autopista con varias vías de número limitado de intersecciones, es evidentemente preferible a una carretera congestionada con numerosos semáforos, o una estrecha carretera de montaña.

2.b.1.e EFECTOS EN LA COMUNIDAD

El estudio detallado de las repercusiones de la construcción de un aeropuerto sobre la comunidad, constituye una parte esencial en la selección de su emplazamiento.

Los aeropuertos se construyen para diferentes fines, y estos básicamente pueden ser :

TURISTICOS :

El aeropuerto sirve como un medio conducente a la comunidad que gusta de viajar y de recorrer ciertas partes de un país, realizando al mismo tiempo una ayuda económica en la captación de ingresos y un mayor conocimiento cultural.

NEGOCIOS :

Ayuda a la comunidad que tiene o realiza cuestiones lucrativas o de interés, ya sea tratar o comerciar un trato con fines económicos entre lugares muy distanciados y que con este medio lo pueden realizar rápida y cómodamente.

INTEGRACION :

El aeropuerto puede tener un fin de integración social o socio-económico, esto es que sirve a comunidades que por la topografía de la zona en que se hallan o por otros factores, se han aislado de las demás comunidades y por lo tanto su progreso ha sido lento. En este aspecto, el aeropuerto sirve como conducto para que se integren social y económicamente con las demás comunidades, repercutiendo en un mayor nivel de vida de ellas.

Los estudios acerca de la compatibilidad del aeropuerto con la comu-
nidad se reducen las consideraciones siguientes :

1.- Salud.- La compatibilidad del aeropuerto con sus veci-
nos provienen principalmente de las objeciones de la gente ante el ruido
de las aeronaves, el cual puede alterar los nervios o producir daños al
oído. Es preciso elegir con gran cuidado el emplazamiento de los aeropuer-
tos en relación con las zonas pobladas circundantes y las pistas deben o-
rientarse de manera que las trayectorias del vuelo no pasen sobre centros
habitados, mientras las aeronaves se encuentren por debajo de ciertas al-
turas.

Otro factor importante es la contaminación sólida ambiental que ge-
neran las aeronaves que también afecta a la salud de la comunidad circun-
dante.

2.- Transporte.- Los aeropuertos deben estar convenientemente
situados desde el punto de vista de la distancia y el tiempo neces-
ario para poder trasladarse a ellos, desde los núcleos de población exis-
tentes y futuros, así como desde las zonas comerciales e industriales que
están destinados a servir. Por consiguiente, es preciso considerar el po-
sible lugar de emplazamiento desde el punto de vista general de los pasa-
jeros, expedidores de mercancías, explotadores de aeronaves y personal em-
pleado. La conveniencia del emplazamiento de un aeropuerto con relación a
las zonas que sirve, puede medirse en la función del tiempo y el precio
del viaje hasta el mismo, que sea económico, rápido y cómodo para los tra-
bajadores y usuarios, utilizando para ello autobuses, autos particulares,
metro (ferrocarril), taxis, etc..

3.- Repercusiones Sociales.- Para escoger el emplazamien-
to de un aeropuerto, debemos contestar las siguientes preguntas :

- a) ¿Que beneficios o daños económicos sucederían,
si a ese lugar se va a adquirir el terreno?

b) ¿A donde van a ir y de que van a trabajar las personas que por situar el aeropuerto en dicho lugar hemos desplazado?

a) Esta pregunta se refiere al hecho de qué tan productiva o importante económicamente, es dicha zona para la región, puesto que al emplazar un aeropuerto ahí, vamos a eliminar dicha función e imponer otra que puede repercutir mejor o peor a la zona y puede ser que hasta al país.

b) Este punto nos señala, lo que pasaría si colocamos un aeropuerto en una zona que sirve como sitio de trabajo de cierto número de personas que serían desplazadas de dicho lugar, a esto es, que harían esas personas al no tener ya más dicho trabajo.

Esta pregunta nos podría plantear dos respuestas :

1) Que esas personas sean recluidas en el aeropuerto :

Se podría realizar, solo que se tendría que gastar dinero para capacitarlos.

2) Que buscaran otro trabajo en otro lugar :

Esto crearía un grave problema si el número de personas es muy grande, puesto que causaría desempleo, el cual se generaría en delincuencia, emigración ilegal, etc..

2.b.1.f ECONOMIA DE LA CONSTRUCCION

Si los diferentes emplazamientos son igualmente adecuados, debe dársele mayor consideración ha aquel en que la construcción resulte más económica.

Los emplazamientos situados sobre terrenos sumergidos ofrecen muchas más dificultades para construir sobre ellos y al mismo tiempo la construcción es más costosa que si se trata de terrenos secos. Los terrenos ondulados necesitan mucha más nivelación que los terrenos planos.

Con objeto de sacar el mejor partido posible de las inversiones necesarias para su construcción, los aeropuertos deben emplazarse de manera que los gastos de construcción se reduzcan al mínimo. Por consiguiente, la topografía, la naturaleza del suelo, los materiales de construcción y los servicios disponibles son factores de particular importancia.

2.b.1.f.1 TOPOGRAFIA

La topografía es importante por la pendiente del terreno, por la situación y por la variedad de características naturales, por ejemplo, árboles y cursos del agua; así como la existencia de estructuras artificiales, edificios, carreteras, líneas de alta tensión, etc., puede influir en la necesidad de efectuar trabajos de desmonte, de terraplenado, nivelación y drenaje. A este respecto, podemos mencionar que las etapas principales en la construcción de pistas, calles de rodaje, plataformas e inclusive estacionamientos abiertos (por superficie, no edificios), son los siguientes:

- 1.- Desmonte
- 2.- Terracerías

- 3.- Obras de drenaje
- 4.- Pavimentación
- 5.- Obras adicionales

1.- Desmonte :

Consiste en el despeje de la vegetación existente en el área que señala el proyecto, debe retirarse, siendo ésta la primera etapa de construcción.

2.- Terracerías :

Es el conjunto de despalmes, cortes, préstamos y terraplenes que se ejecutan hasta la sub-rasante.

El despalme de hecho es un corte que se ejecuta únicamente donde hay suelos de mala calidad y que es retirado, para ser sustituido por otro de mejor calidad para formar una cimentación o apoyo adecuado para los terraplenes .

Los cortes, son las excavaciones que se hacen en el terreno natural para dar los niveles proyectados de la sub-rasante y cuyo producto puede o no emplearse en la construcción de terraplenes.

Los terraplenes son parte de la estructura de las pistas, calles de rodaje, plataformas o estacionamientos construidos, con materiales de corte o de préstamo.

Los préstamos son las excavaciones que se ejecutan en lugares prefijados, a fin de obtener material para formar terraplenes no construídos con material de corte (no compensados).

3.- Obras de drenaje:

Se veran en 2.b.1.f.3 "Suministro de servicios"

4.- Pavimentación:

Ver 2.a.1 Pistas.

5.- Obras adicionales:

Se refiere a obras adicionales a las ya descritas, como pueden ser señalamiento, otros servicios, etc...

La pendiente natural y el drenaje del terreno son importantes desde el punto de vista del proyecto y construcción, porque determinan el volumen y la magnitud de los trabajos de movimiento de tierras y de nivelación, necesarios para contener las pendientes deseadas y, por ende, el costo de preparación del emplazamiento.

Un terreno que se ajuste de cerca a los niveles previstos y que cuente con un buen drenaje, puede ahorrar sumas considerables.

Los planos topográficos pueden obtenerse de los planos recopilados por las autoridades gubernamentales locales (en México por medio del D.E.T.E.N.A.L.), etc., o de lo contrario será necesario obtenerlos siguiendo procedimientos topográficos normales o ayudándose de la aerofotogrametría para producir un plano de área, en el cual se tracen los límites y las curvas de nivel de distintas superficies en dicha zona.

Como dato complementario, se debe de tratar en lo más posible de no realizar excavaciones en forma horizontal para obtener préstamos, puesto que muchas veces se dejan de rellenar y se forman charcos por la acción de la lluvia, en los cuales se sitúan las aves, produciéndose un peligro para la aviación.

2.b.1.f.2 NATURALÉZA DEL SUELO Y
MATERIAL DE CONSTRUCCION

La clasificación de los suelos naturales de los posibles emplazamientos es importante desde el punto de vista del costo, puesto que si se escoge un emplazamiento con suelo blando, con poca resistencia, etc..., éste tendrá que ser tratado, de tal manera que repercutirá en un mayor desembolso.

Otro aspecto de importancia fundamental en este tipo de casos, es el de buscar la colaboración de ciencias, como la Geología que dan información de carácter general muy importante. Del tipo de sedimentos, existencia de fallas, plegamientos, etcétera, configuración geológica, tipos y carácter de rocas y demás datos de la zona, resultan, por lo general, informaciones vitales.

Por procedimientos simples y económicos, debe procurarse adquirir una información preliminar suficiente respecto al suelo de los posibles emplazamientos, información que, con ayudas de pruebas de clasificación, tales como granulometría y límites de plasticidad, permita formarse una idea clara de los problemas que sean de esperar en cada caso particular.

Para fines de muestreo y conocimientos del subsuelo, se pueden realizar los siguientes métodos de exploración de carácter preliminar.

Métodos de exploración de carácter preliminar :

- a) Pozos a cielo abierto, con muestreo alterado o inalterado.
- b) Perforaciones con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares.

- c) Métodos de lavado.
- d) Método de penetración estándar.
- e) Método de penetración cónica.
- f) Perforaciones en boleos y gravas (con barretones, etc..).

Es preciso proceder a un reconocimiento general del suelo y obtener muestras para confeccionar un plano de los diversos tipos de suelo y localizar los depósitos rocosos extensos (bancos de materiales), de los cuales obtendremos la materia prima o material "en greña", para la producción de agregados pétreos (fragmentos duros y resistentes, libres de materiales contaminantes), que nos servirán básicamente para la construcción de concretos hidráulicos (material de carpeta), material de base, sub-base, etc...

La preparación de los agregados tiene por objeto transformar el "material en greña" proveniente de la pedrera o de un banco de agregados naturales, y compuesto de elementos de todas dimensiones, desde bloques grandes hasta elementos finos e impurezas de arcilla y limo, en materiales limpios, clasificado en las categorías granulométricas requeridas.

Para realizar dichas operaciones, se cuenta con equipo de trituración propiamente dicho y equipo complementario, o sea aquellas máquinas que sin participar directamente en las operaciones de trituración, son indispensables para realizar los procesos necesarios para transformar el material en greña o natural, en material útil que reúna ciertas especificaciones.

Por lo que respecta al equipo de trituración, desgraciadamente hasta la fecha no se ha diseñado una máquina universal que en un solo paso o etapa, convierta el material natural en agregados útiles, sino que dicha transformación se deberá realizar en varios pasos o etapas de acuerdo con el material natural disponible y con las especificaciones que deban

cumplirse. Los tipos de equipo pueden ser los siguientes :

- A : Equipo de Trituración
- 1 Trituradoras Primarias (Quijadas y giratorias).
 - 2 Trituradoras Secundarias {
 - De cono
 - Rodillos
 - Martillos e impacto
 - 3 Trituradoras Terciarias
 - 4 Molinos (de barras y de bolas)
- B : Equipo Complementario
- 5 Cribas vibratorias (horizontales e inclinadas)
 - 6 Alimentadores (de delantal, de plato o reciprocan
tes)
 - 7 Gusanos lavadores
 - 8 Bandas transportadoras
 - 9 Elevadores de cangilones

Asimismo, es importante localizar las fuentes de abastecimiento de agua, ya que su abundancia y la distancia a la que tengan que transportar se repercutirá en el costo de construcción. En estos casos, conviene contar con el asesoramiento de expertos.

Otro punto importante es el de cuantificar la capacidad de los bancos de donde vamos a extraer nuestros materiales, en pocas palabras, realizar una buena planeación de nuestro proceso de construcción.

2.b.1.f.3. SUMINISTRO DE SERVICIOS

Los emplazamientos considerados deben, en lo posible, encontrarse en las cercanías de las fuentes de suministro de energía eléctrica y agua, conducciones principales de alcantarillado y gas, canales de desagüe, hilos telefónicos, etc.. El hecho de contar con estos servicios puede eliminar la necesidad de tener que suministrarlos expresamente para el aeropuerto, reduciendo así los costos.

Un aeropuerto, particularmente si es de grandes proporciones, necesita de grandes cantidades de agua debidamente tratada y clorada, gas natural o petróleo, energía eléctrica y combustible para los aviones y vehículos de superficie, para este último factor, se puede colocar un puesto de abastecimiento de combustible para vehículos en tierra, la cual en la parte "pública", puede ser una buena fuente de ingresos para la administración aeroportuaria y necesaria en los casos en que no existan proveedores de combustible cercanos a las rutas principales que conducen al aeropuerto. El puesto debe ubicarse de modo que el tráfico de entrada y salida no obstruya ni retarde la circulación rápida continua del tráfico normal de las carreteras principales.

Al seleccionar el emplazamiento de un aeropuerto, debe darse importancia a la posibilidad de obtención de estos recursos. La mayor parte de estos suministros llegan al aeropuerto mediante camión, ferrocarril, barco o tubería.

Otro factor que debe de tenerse en cuenta, es la red de alcantarillado para la evacuación de las aguas servidas. En un nuevo emplazamiento que no dispone de alcantarillado cercano, debe de construirse una planta de distribución.

En el caso de la energía eléctrica, la mayor parte de los grandes aeropuertos deben de proveerse de sus propias plantas generadoras para utilizarlas en caso de emergencias, debido a que el suministro eléctrico público falta. Pueden requerirse estaciones generadoras de energía para la calefacción,

electricidad, etc.. Después de considerar las necesidades de expansión futuras de las instalaciones y servicios aeroportuarios, debe de tenerse en cuenta la necesidad de situar las estaciones lo más próximo posible a las zonas que deban prestar servicios, con el fin de evitar largas líneas de transmisión que pueden constituir un gran obstáculo para poder lograr la flexibilidad necesaria en el caso de un futuro desarrollo.

2.c EXAMEN Y EVALUACION DE DICHS
 EMPLAZAMIENTOS

Después de conocer la forma y dimensiones del área que se va a utilizar para el despegue y aterrizaje de las aeronaves, aunado con los factores que condicionan el emplazamiento de un aeropuerto, podemos ir eliminando emplazamientos y reducir su número a los que justifiquen un examen más a fondo.

2.c.1 PREPARACION DE PLANOS ESQUEMATICOS Y
 CALCULO DE LOS GASTOS E INGRESOS

La preparación de planos esquemáticos y cálculo de los gastos e ingresos sirven para considerar las ventajas relativas de los emplazamientos restantes y contienen lo siguiente:

- Levantamiento topográfico detallado de cada emplazamiento, incluyendo el de los obstáculos.
- Preparación de un plano esquemático del trazado del aeropuerto, en cada uno de los emplazamientos contemplados.
- Preparación de un cálculo global de los costos, que abarque el total de los gastos de capital y de explotación necesarios, e incluso los no pertenecientes propiamente al aeropuerto, como son las vías de acceso, las comunicaciones con los núcleos de población, los planes de reglamentación de las zonas adyacentes y los cálculos del porcentaje de fluctuación anual del valor de las tierras durante toda la vida útil probable del aeropuerto, así como los plazos en que se prevé efectuar los desembolsos.
- Cuando se trate de la ampliación o del abandono de emplazamientos existentes, los valores amortizados y actuales de toda instalación existente, junto con el valor de las propiedades con-

xas situadas fuera del aeropuerto, incluso las vías de servicio, instalaciones de servicio público, zonas sujetas al régimen de atenuación del ruido.

2.c.2 EVALUACION DEFINITIVA

En esta última etapa, cuando todavía se están considerando varios emplazamientos posibles, la cuestión relativa al costo desempeña un papel importante en la elección definitiva. Si todos los emplazamientos posibles presentaran las mismas ventajas, lógicamente la selección deberá basarse en el que tenga un costo menor.

La necesidad de considerar los costos con relación a su eficacia, ha llevado a utilizarse la técnica conocida como análisis de la relación "costo/ventajas" ó costo/utilidad. La finalidad de estos análisis consiste en comparar las ventajas que se obtienen de los proyectos en relación con su costo.

Analizando la corriente prevista de gastos y ventajas respecto a la vida útil del aeropuerto, es posible determinar relaciones que sirvan de guía, en cuanto a la utilidad del proyecto y para seleccionar el emplazamiento más conveniente.

Es necesario proceder a 2 tipos distintos de análisis de la relación - costo/ventajas:

Uno de carácter operacional y otro social. La evaluación definitiva - exige que la determinación se base en la comparación de la eficacia en materia de costo, operacional y social:

En cuanto al factor operacional, se deben analizar los siguientes puntos:

- 1).- Terrenos disponibles.
- 2).- Espacio aéreo disponible.
- 3).- Efecto de toda restricción de la eficacia operacional.
- 4).- Capacidad potencial.

En el factor social:

- 1).- Proximidad a los centros de demanda.

- 2).- Suficiencia de vías de acceso.
- 3).- Posibles problemas causados por el ruido.
- 4).- Utilización actual del terreno y necesidad de imponer medidas reguladoras.

Y en el factor costo, como lo señalamos antes, se basa en el análisis de la relación "costo/ventajas".

Realizando este estudio en forma detallada, podremos estar aptos para decidir por el emplazamiento más óptimo. Al obtener el emplazamiento deseado para nuestros fines, se debe redactar un informe completo, acompañado de planos, etc., que contenga:

- a).- Los resultados del exámen y evaluación de los emplazamientos considerados.
- b).- El orden de preferencia de los emplazamientos, explicando los motivos en que se basa.
- c).- Las recomendaciones pertinentes.

3 CONCLUSIONES

La construcción de aeropuertos va aunado al progreso, por lo que en México se necesitarán construir una gran cantidad de ellos, que puedan absorber las necesidades aéreas que demande el país. Esto se conseguirá, como - lo hemos visto a lo largo de éste trabajo, si se realiza un estudio somero del emplazamiento de dichos aeropuertos, ya que con una magnífica elección de un emplazamiento ahorraremos gran cantidad de dinero al evitar que el - aeropuerto este mucho tiempo cerrado a causa de malas condiciones atmosféricas, evitaremos accidentes al escoger un sitio sin obstáculos nocivos al - transporte aéreo, no causaremos molestias a la comunidad que viva en los alrededores, etc..., y por lo tanto tendremos casi la seguridad que en el futuro, éste aeropuerto rendirá los mayores frutos a la región, estado y al - país.

4 BIBLIOGRAFIA

- 1.- "APUNTES DE LA CLASE DE AEROPUERTOS", tomados en la Fac. de Ingeniería (U.N.A.M.) semestre 84-1, por el Ing. F. Dovalí - Ramos.
- 2.- "MANUAL DE PLANIFICACION DE AEROPUERTOS", Parte 1, Planificación General, primera edición 1977, publicación de la OACI.
- 3.- "GRAN DICCIONARIO ENCICLOPEDICO ILUSTRADO", Tomo 10, 17 edición de Seleccionaciones del Reader's Digest.
- 4.- "GRAN DICCIONARIO ENCICLOPEDICO ILUSTRADO", Tomo 4, 17 edición de Seleccionaciones del Reader's Digest.
- 5.- "MANUAL DE PLANIFICACION DE AEROPUERTOS", Parte 2, utilización del Terrero y Control del Medio Ambiente, primera edición 1977, publicación de la OACI.
- 6.- "MANUAL DE PREVISION DEL TRAFICO AEREO", primera edición, publicación de la OACI.
- 7.- "MECANICA DE SUELOS", Tomo 1, Fundamentos de la Mecánica de Suelos, por Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 3a. edición 1974, editoria Limusa.
- 8.- "ANEXO 14", Aeródromos, 8a. edición 1983, publicación de la OACI.
- 9.- "MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS", Parte 1, Pistas, 2a. edición 1984 publicación de la OACI.
- 10.- "PLANNING AND DESIGN OF AIRPORTS", por Robert Horonjeff, 2a. edición, editorial Mc. Graw Hill.
- 11.- "MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS", Parte 3, Pavimentos, 2a. edición 1983, publicación de la OACI.
- 12.- "MANUAL DE SERVICIOS DE AEROPUERTOS", Parte 6, Limitación de Obstáculos, 2a. edición 1983, publicación de la OACI.
- 13.- "APUNTES DE LA CLASE DE SISTEMAS DE TRANSPORTE", tomados en la Fac. de Ingeniería (U.N.A.M.), semestre 82-2, por el

Ing. Sánchez M.

- 14.- "APUNTES DE CONSTRUCCION", Técnicas modernas de Producción de Agregados, 3a. edición 1979, Facultad de Ingeniería - (U.N.A.M.).