

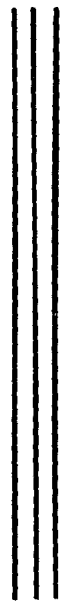
24
102



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

JUSTIFICACION DE UN AEROPUERTO



Tesis Profesional

Que para obtener el título de:
INGENIERO CIVIL

P r e s e n t a :

Enrique Ricardo Juárez Morales



México, D. F.

1986



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Pag.
I. Introducción	1
II. Análisis de la Comunidad en Estudio	3
Areas de Influencia del Aeropuerto	7
Necesidad de Construir un Aeropuerto	10
Prioridades de las Comunidades	12
III. Relaciones con otras Comunidades	14
Análisis de un Origen-Destino demasiado - Corto	16
IV. Estructura de Rutas	20
Rutas Aéreas	26
Ayudas de Navegación	28
Ayudas para la Navegación en Terminal aérea - y Aterrizaje	31
V. Estimados de Demanda	33
Métodos Convencionales de Pronóstico	35
Métodos Analíticos para Pronósticos de De- manda de viajes	39
Variables para el Modelo de Demanda de - Pasajeros	40
Modelos de Generación de Viajes Aéreos	43
Estimación de Movimientos de Volúmenes de - Carga, Servicio Postal y Paquetería	46
Aviación General o Privada	47
Volúmenes de Pasajeros y Aviones para días- -pico y horas-pico	47
VI. Planteamiento del Plan Maestro	49
Concepto y Aplicación del Plan Maestro	49
Requisitos del Aeropuerto	51
Estudio de la Posible Demanda	53
Estudio Ambiental	62
Selección del Sitio	63
Trazo del Plan de Aeropuerto	64
Proyecto Financiero	65

	Pag.
VII. Factores a Considerar en la Localización----	68
Determinación de la Extensión Territorial --	69
Minimización de Perjuicios para la Ciudad --	73
Expansión -----	77
Factores no Determinantes -----	78
Análisis de Espacios Aéreos -----	83
Análisis de Obstrucciones -----	85
Demografía y sus problemas -----	87
VIII. Conclusiones -----	90

I INTRODUCCION

En nuestro país, se carece de un sistema de planeación integral, lo que ha dado por resultado políticas fragmentarias de transporte. Por otra parte, no es posible optimar el funcionamiento de dicho sistema sin antes fijar sus objetivos globales y definir sus interacciones con otros sectores. Como consecuencia de ello, falta coordinar y relacionar las investigaciones sobre el transporte, lo que ocasiona que no se hagan todos los estudios necesarios.

En el presente trabajo se trata de desarrollar una metodología que contemple los estudios y factores a considerar para justificar el transporte aéreo en cierta comunidad. Aunque el trabajo se enfoca de una manera general, hay que tener presente los problemas que presentan los aeropuertos en nuestro país (en general en el sector transporte).

En primer término, existe mal aprovechamiento de la capacidad instalada en infraestructura fija y móvil por falta de una regulación apropiada. La estructura de la red aérea es inadecuada por el papel centralizado que guarda el aeropuerto de la ciudad de México.

Existe una deficiente organización, planeación y ejecución del mantenimiento y conservación de la infraestructura fija y móvil.

Inadecuación entre la estructura fija y móvil. La capacidad del aeropuerto ha sido rebasada por la demanda de operación de la flota existente.

Además de las consideraciones anteriores, hay un uso ineficiente de recursos financieros, tanto a nivel de la asignación de recursos como de su ampliación; como éstos se pueden mencionar otros, pero lo relevante es tener conciencia de los problemas del sector transporte, en el momento de realizar los estudios correspondientes.

II ANALISIS DE LA COMUNIDAD EN ESTUDIO

Previo a cualquier estudio del desarrollo de un proyecto aeroportuario, se debe efectuar la justificación del transporte aéreo. Los estudios se han enfocado para justificar al aeropuerto sin justificar el transporte aéreo, ésto conlleva una contradicción ya que si no hay generación de pasaje o carga, el aeropuerto no cumple con su objetivo para el que fue diseñado. Para llegar a precisar cuáles son las necesidades en materia de comunicación aérea para una comunidad, ya sea que disponga de un aeropuerto o no, es necesario realizar un estudio que permita valorar el potencial del tránsito aéreo, así como la longitud media de los vuelos que se llegaran a realizar.

Los estudios de necesidades, son muy importantes ya que se presentan muy diferentes situaciones, en las zonas turísticas que en las industriales o las agropecuarias. Por ejemplo en Monterrey es utilizado el avión por el público en general; en cambio en Acapulco, el avión sólo es utilizado por el turista; en los Mochis y Hermosillo que son regiones de fuerte economía, (Zonas Agrícolas) no utilizan tanto el transporte aéreo.

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

- Turística
- Negocios; que pueden ser industriales o agropecuarios
- Integración Socioeconómica; es una labor social realizada en varios países como Brasil, Canadá y Australia.

Esta diferencia se destaca por las cifras del desarrollo observado por ejemplo:

En México se ha observado que las zonas turísticas muestran -

15% de incremento de la demanda de servicio aéreo en época de crisis; y en época de bonanza, el incremento alcanza el 25%.

En las zonas industriales, el desarrollo observado es de 8 a 10% anual y en las regiones agropecuarias, el incremento de demanda de servicio es del 3 al 4% anual¹.

Para tener un conocimiento de la región, debe realizarse un estudio de mercado que comprenda los siguientes puntos.

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

Si se cumple el estudio, se procede a:

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

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

Puede establecerse además alguna similitud de esta región con otra y poder realizar algún pronóstico en base a la experiencia obtenida. Desde luego debe tomarse con reserva tal inferencia, para poder tener una base de cálculo.

Se debe tener presente que una obra aeroportuaria representa

¹Fuente de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. "Justificación Metodológica de un aeropuerto"

una gran inversión pública, por lo que debe justificarse plenamente su ejecución.

Existen factores que se deben considerar para los estudios de la comunidad y que van a ser necesarios para las condiciones del aeropuerto.

Demografía. Generalmente el tamaño, la estructura de la población y su crecimiento, son los factores básicos que generan una determinada demanda de transporte aéreo. Es muy importante tener en cuenta la estructura de la población por que sólo una parte de la misma genera demanda. Hay que recalcar que también existen aeropuertos construidos en regiones que no generan demanda, sino que se genera externamente, como el caso del aeropuerto de Acapulco o Cancún. En todo aeropuerto para considerar el tránsito y el crecimiento del mismo se deberán tomar en cuenta tanto el tránsito local como aquel que proviene de otros puntos (área de influencia del aeropuerto).

Ingreso per capita. Se ha observado que a mayor ingreso se utiliza preferentemente el transporte aéreo que otro medio de movilización. Además no es difícil ver que el tiempo empleado por una de alto ingreso, en transporte se puede traducir en un alto costo para ésta o para la empresa donde presta sus servicios.

En las personas de altos ingresos el tiempo es muy importante, pues en cierto tiempo ahorrado se traduce en un tiempo mejor empleado y en una economía. Es por ello que la gente que valore su tiempo será la que principalmente utilice el transporte aéreo.

Transporte Terrestre
(autobús)

A	X
---	---

Transporte Aéreo

5A	X/15
----	------

A = Costo de Pasaje

X = Costo por Tiempo Perdido

El costo por tiempo perdido es variable dependiendo del ingreso.

Actividades Económicas e Industria. Las industrias manufactureras y de servicio generan una mayor actividad de transporte aéreo que las industrias primarias y de recursos. El área servida por el Aeropuerto generará actividad en negocios de aviación y en el tráfico de carga aérea. Otras actividades aéreas que se incluyen dentro de este punto son los vuelos de instrucción, los vuelos en zonas agrícolas y la venta de aviones.

El Aeropuerto debe de proyectarse para satisfacer las necesidades de la comunidad a la que sirve; no se puede planear igual un aeropuerto turístico que uno industrial o agrícola. Aunque sirviesen al mismo número de personas, las características de cada población harán que el aeropuerto diseñado para ellos sea su solución y nadie más; en aeropuertos no se pueden dar soluciones universales, sólo medios de solución para algunos casos; la solución siempre es particular, pues por más parecidas que sean las poblaciones a servir las condiciones geográficas, climatológicas, políticas, sociales y económicas en cada caso harán la solución particular.

Factores geográficos. Una mayor o mejor demanda en los servicios de transporte aéreo depende en gran parte de la geografía, ya que una zona montañosa o con gran número de ríos entre dos poblaciones hará más difícil y tardado el transporte terrestre, así como de la distancia entre las dos poblaciones por servir. En muchas ocasiones las características físicas del terreno pueden determinar la imposibilidad o dificultad -

de utilizar otro medio cualquiera de transporte. Además de lo aquí expuesto las atracciones tanto físicas como climáticas del lugar pueden generar demanda de servicios de transporte aéreo principalmente para el turismo.

Factores sociológicos. El tren de vida que siguen las sociedades más organizadas, incrementando la movilización de la población hacia otros lugares, ya sea por motivos de negocios, familiares o turísticos son factor de gran importancia en el pronóstico de volúmenes de tránsito aéreo; la movilización se ve incrementada en los segmentos de la población que tiene una mayor educación. Así mismo el decremento de las horas de trabajo por semana que ha aumentado el tiempo de descanso tiene una gran influencia en esta búsqueda de movilización.

Factores políticos. La demanda de transporte aéreo depende de acciones gubernamentales. Pueden presentarse programas para impulsar un medio de transporte en específico lo que tendría una gran influencia en la demanda de servicios aéreos; así mismo las tarifas e impuestos al transporte pueden aumentar o disminuir la demanda. Los convenios internacionales sobre rutas aéreas, es otro punto que debe considerarse dentro de los factores políticos.

Áreas de influencia del Aeropuerto.

Se llama área de influencia de un aeropuerto, al conjunto de la clientela servida por él, es decir, el conjunto de localidades cuyos habitantes usan el avión de preferencia en ese aeropuerto.

El conocimiento de esta clientela tiene como objeto, por un lado conocer el volumen de pasajeros y por otro, definir sus características socio-económicas que nos conducirá a definir el régimen económico que predomina en la zona.

El área de influencia tendrá sentido, cuando se relacione con la noción de clientela y por ende el nivel de servicio del aeropuerto. Esto lleva a definir un área de influencia por tipo de servicio.

Se entiende por tipo de servicio, las líneas "Internacionales" "Nacionales" e incluso "Aviación general". Por lo general la clientela de las dos últimas define el volumen y las características de la comunidad, lo que no ocurre con la clientela de los vuelos internacionales, que se define más por la actividad de ciertos polos turísticos o industriales cercanos al aeropuerto. Por consiguiente, queda la posibilidad de definir en función de la clientela tres áreas de influencia.

En nuestro país, puede observarse que el área de influencia del aeropuerto de la Ciudad de México incluye a capitales del centro como Puebla, Cuernavaca, Querétaro y Pachuca. Igualmente Chilpancingo queda bajo la influencia de Acapulco, México y Zihuatanejo simultáneamente. En estos momentos no se contempla la construcción de un aeropuerto importante para vuelos comerciales (Nacional o Internacional) en tales ciudades; las aeropistas que se disponen seguirán operando así, hasta que algún factor importante lo modifique.

Cabe hacer notar que el área de influencia varía para vuelos nacionales y vuelos internacionales, por ejemplo, al empezar a operar el aeropuerto de Toluca, el área de influencia del aeropuerto de la ciudad de México se modificó en ciertos vuelos nacionales pero en vuelos internacionales se mantuvo. Esto nos conduce a contemplar en el plan maestro futuras modificaciones del área de influencia por la creación de aeropuertos en posibles polos de desarrollo cercanos.

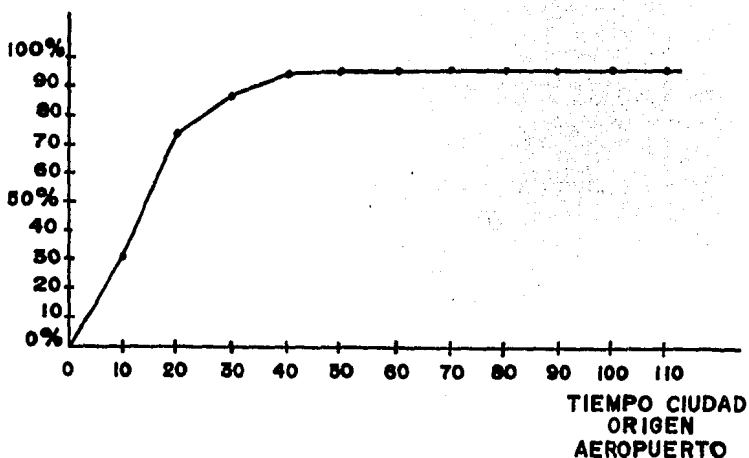
Ahora el problema consiste en determinar la posible área de influencia; se puede tener una idea si se analizan las encues

tas² efectuadas en 1979 y en 1981 que dan resultados interesantes en lo relativo a la procedencia de la clientela generada para un aeropuerto.

Los resultados se expresan en tiempo de recorrido (Tr). Generalmente del automóvil, desde el aeropuerto. Este fenómeno queda ilustrado por la curva acumulada que da el porcentaje acumulado de clientes situados en tiempo de recorrido por automóvil.

Se observa que la curva alcanza rápidamente el 95% de la clientela a los 40 minutos, mientras que a los 60 minutos prácticamente ya no atiende ningún cliente cuando se trata de clientela comercial nacional.

% ACUMULADO



² Encuestas efectuadas por SAHOP
"Justificación Metodológica de un Aeropuerto"

Este fenómeno no es exclusivo de nuestro país, ya que se ha observado en otros.

Como se puede ver el tránsito aéreo está concentrado relativamente en pocas áreas metropolitanas; es decir, en pocos aeropuertos se atiende un gran porcentaje del volumen de pasajeros.

Necesidad de construir un aeropuerto.

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

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

La obra aeroportuaria en cuestión puede ser:

- La construcción de un aeropuerto nuevo.
- La ampliación de uno ya existente.
- Construcción de un nuevo aeropuerto que funcione junto con el actual.
- Construcción de un aeropuerto cancelando el actual.

La construcción de un aeropuerto nuevo donde no lo hay, puede ser por:

- Comunicar una comunidad incipiente. En este caso no hay -

plena seguridad de que se justifique la obra.

- La creación de un polo de desarrollo. Caso de una ciudad turística o industrial, ejemplos Acapulco y recientemente Cancún.

En la creación de un polo de desarrollo, los organismos encargados del desarrollo de la región deben haber estudiado - el impacto de la construcción y por lo tanto, su repercusión sobre la población.

Otro factor es la posible competencia con otros medios de - transporte, se trata de que el aeropuerto complemente el sis tema.

En el caso de aeropuertos para centros turísticos, debe entenderse claramente que por su capacidad, está en función - del número de camas disponibles. Por ejemplo en Puerto Vallarta, en un principio la capacidad era muy baja, y los turistas al llegar al puerto tenían que regresar el mismo día al no encontrar lugar. Las líneas aéreas llegaron al extremo de no transportar al turista a menos que mostraran la con firmación de su reservación del hotel.

Cuando se requiera hacer la ampliación de un aeropuerto ya - existente, debe hacerse una evaluación de la demanda presente y un pronóstico de la futura, así como de posibles proble^{mas} que se pueden presentar tales como la disposición de terrenos circundantes o la ubicación de la población.

El caso de construir por necesidad uno o más aeropuertos que funcionen junto con el existente, es precisamente una solución al aeropuerto de la Ciudad de México, ya que el número de vuelos y de pasajeros atendidos muestran la saturación - existente del espacio aéreo y terrestre. Todo aunado a la - incompatibilidad técnica de la aviación general con la avia-

ción nacional e internacional, escuelas de aviación, renta de aviones, etc. y por otra parte el grave problema de la contaminación atmosférica del valle que reduce la visibilidad junto al problema del ruido. Todo ésto obliga a plantear la opción de construir aeropuertos diferentes.

Cuando se necesita construir un aeropuerto cancelando el actual, se debe a una saturación de capacidad en que no hay posibilidad de ampliar el aeropuerto, debido a problemas tales como la no disposición de terrenos, la incompatibilidad con nuevas aeronaves con las instalaciones todo esto aunado a problemas de ubicación de la población, entre otros.

Concluyendo sólo mediante una minuciosa investigación y detallado análisis, que deben realizar las dependencias oficiales responsables, no pueden desarrollarse criterios para llegar a determinar el potencial aeronáutico de una comunidad y transformarlo a requisitos aeroportuarios. En otros términos, deberán estimarse las necesidades de comunicación de una comunidad, y su posible integración al sistema nacional e internacional del transporte aéreo.

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

Prioridades de las Comunidades.

La planificación de un aeropuerto es un proceso tan complejo que el análisis de una de sus actividades, sin tener en cuenta la repercusión que puede tener en las demás pueden acarrear soluciones que no resulten aceptables.

Por la complejidad y gran inversión que resulta la construcción de un aeropuerto, se debe tener prioridad en los intere

ses de la comunidad en estudio.

La comunidad lo menos que puede pedir de un aeropuerto, es:

- Ser adecuado para atender las necesidades de transporte aéreo, actuales y futuras (local, regional, nacional, internacional)
- Ser capaz de atraer nuevos beneficios de comercio, industria y en general de negocios.
- Crear y asistir en el origen de nuevos intereses con otras zonas y necesidades.
- Debe estar proyectado y diseñado, para una administración y operación de sus instalaciones, práctica y sana, facilitando su desarrollo.
- Debe estar concebido, proyectado, construído y financiado - de manera tal de permitir una autosuficiencia, y en todo caso no representar una carga adicional excesiva a los contribuyentes y/o usuarios.

III RELACIONES CON OTRAS COMUNIDADES.

El objetivo principal radica en conocer y establecer las principales relaciones de la comunidad en estudio con otras comunidades, es decir, del aeropuerto de origen con los aeropuertos de destino.

Si se parte de una definición de transporte en la que éste signifique el traslado de bienes y personas de un lugar a otro, se podrá ampliar dicho concepto a fin de darle un sentido económico, en que el transporte sea el traslado de bienes y personas de centros de producción hacia centros de consumo y servicios, cumpliendo con la función de poner en contacto la demanda con sus satisfactores.

De acuerdo a lo antes enunciado, el transporte permite la creación de una utilidad marginal por medio del traslado de bienes de lugares donde no tienen esa utilidad hacia distintas regiones donde si la posee. Así mismo, el acto de transporte constituye un agregado de valor a las mercancías mediante el esfuerzo humano, desgaste de maquinaria, combustible, etc., expresados en el costo necesario para llevar a cabo dicha transformación.

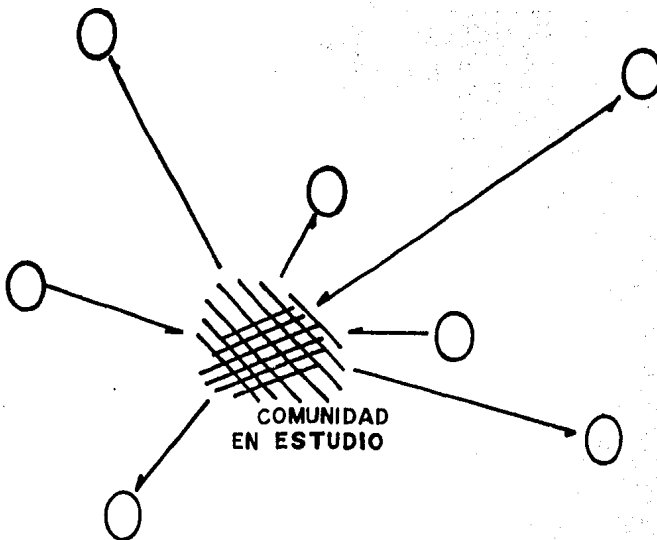
Es decir, que la función transporte viene a ser un factor más en el proceso de producción, distribución y consumo, determinando una estrecha relación entre el progreso de la economía de una región y el desarrollo de sus sistemas de transporte, porque es evidente que cuando más extensiva e intensivamente se desarrollan las relaciones de comercio y todas las manifestaciones de la actividad de los distintos sectores de la economía, más necesario es que el sistema de transporte acuda con eficacia a corresponder a tal desarrollo.

Debe entenderse por sistema de transporte, la acción conjunta

de estos distintos medios, tomando como objetivo la moviliza-
ción de bienes y personas, esta interacción de los medios de
transporte debe complementarse entre sí, más no entrar en -
competencia.

Como se vió en el tema II, de acuerdo al régimen económico -
que predomine en la zona va a ser necesario determinado tipo
de transporte en la comunidad; cuando se justifique el trans-
porte aéreo, se requiere estudiar la relación que tienen el
aeropuerto de origen con los posibles aeropuertos de destino.
Para ésto es necesario realizar un análisis socioeconómico de
los destinos con la finalidad de determinar el tipo de rela-
ción, ya sea política, económica (determinante en el trans-
porte aéreo) o social, y evaluar la necesidad del transporte
aéreo entre ambas comunidades.

○ OTRAS COMUNIDADES



El problema que surge, es que la lista de comunidad o de destinos resulta larga y exhaustiva, por lo que es necesario justificar la supresión o modificación de algún origen-destino.

Se puede justificar la supresión o modificación de un origen destino, antes de conocer la importancia de su tránsito; primero porque el origen-destino es demasiado corto para ser servido por una ruta aérea y la competencia modal lleva a suprimirlo. La preferencia del usuario de tomar uno u otro medio de transporte depende directamente del tiempo, donde representa mejor servicio de puerta a puerta el recorrido por tierra o por avión.

Análisis de un Origen-Destino demasiado Corto.

Existe el problema de decir cuando un origen-destino es corto. Si se toma en cuenta que el tiempo total de recorrido por avión (T_T) debe ser menor o igual al recorrido por carretera (T_R) para que la preferencia del usuario por uno u otro medio tenga sentido, se debe considerar en el tiempo de recorrido por avión un tiempo de recorrido domicilio-aeropuerto - aeropuerto-domicilio, un tiempo de embarque-desembarque más el tiempo de vuelo, con ésto se puede tener un criterio inicial.

Si se utiliza el transporte aéreo (TA), y se considera el tiempo de recorrido por carretera (TR) una velocidad media diez veces inferior a la velocidad por vía aérea, considerando también un tiempo de recorrido medio domicilio-aeropuerto de un cuarto de hora, un tiempo de registro embarque-desembarque de una hora y un tiempo de recorrido aeropuerto domicilio de un cuarto de hora³, los tiempos totales son:

³ Consideración hecha por SAHOP, en base a encuestas efectuadas. "Justificación metodológica de un aeropuerto"

Recorrido por carretera $T_R = 10 T_A$

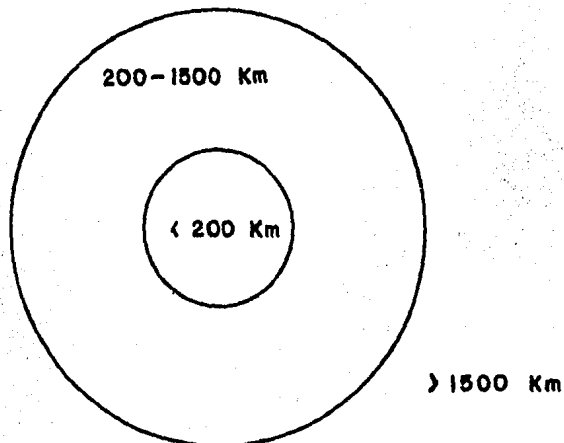
Recorrido por avión $T_T = 1.5 + T_A$

Para que el viaje resulte conveniente usando el transporte aéreo es necesario que el tiempo total viajando (T_T) por avión sea menor que el tiempo viajando por carretera.

$$\begin{aligned} T_R &> T_T \\ T_R &> 1.5 + T_A \text{ o sea,} \\ 10 T_A &> 1.5 + T_A \\ T_A &= \frac{1.5}{9} \end{aligned}$$

Este tiempo de recorrido por avión (T_A) corresponde a un tiempo de recorrido por tierra (T_R) $\frac{15}{9}$ horas; alrededor de 200 km, donde representa mejor calidad de servicio el viaje de puerta a puerta en automóvil.

Ese análisis da una idea más clara del problema del área de influencia, para determinar en la comunidad en estudio la distancia a la que es factible la utilización de transporte aéreo. De acuerdo a este análisis y la experiencia se puede utilizar el siguiente criterio:



Distancia - Recorrida

< 200 Km Transporte Terrestre

200-1500 Km Transporte Aéreo y Transporte Terrestre

> 1500 Km Predomina el Transporte Aéreo

Hay que recordar, que las indicaciones anteriores no son regla del comportamiento de la preferencia del usuario, de la región o comunidad; más sin embargo puede ser de gran utilidad y sobre todo deben tomarse en cuenta los factores antes mencionados.

En algunos aeropuertos, aún con los grandes avances tecnológicos actuales en que se han disminuído los tiempos de vuelo, los tiempos totales de recorrido por avión han aumentado debido al problema que ha traído el desarrollo de la comunidad por el aeropuerto, siendo más difícil el acceso a éste por problemas como el tránsito entre otros; realizándose más rápido el transporte por tierra a ciertos lugares. En aeropuertos como el de la ciudad de México, el tiempo de domicilio-aeropuerto se ha incrementado hasta 10 veces.

Otro factor a considerar en este razonamiento es la topografía, tanto para la localización como para el acceso al aeropuerto.

En conclusión se ha podido observar mediante la preferencia del público que para viajar una distancia superior a 350 km el público prefiere el transporte aéreo en un 70% y que en distancias menores el fenómeno se invierte, todo ésto sin olvidar los criterios mencionados.

En últimas fechas se ha desarrollado un método para conocer los orígenes-distintos, en base al tránsito telefónico. En síntesis los orígenes-destino se calculan por medio de las

llamadas telefónicas, a partir de una central hacia las demás centrales telefónicas del país.

Este análisis es relativamente nuevo y fue desarrollado en otros países bajo otras condiciones. La confiabilidad en este método es bajo, por una parte requiere este modelo ajustes a las condiciones de nuestro país y por otro lado, los datos estadísticos de las centrales pueden no ser confiables; es un método que puede ser útil en un futuro, con sus correspondientes ajustes.

Con este estudio se puede establecer a priori, las posibles rutas aéreas y la posible flota de aviones que servirá a estas rutas, antes de conocer la demanda.

IV. ESTRUCTURA DE RUTAS

Después de un análisis de las principales comunidades afines a la comunidad en estudio, se pueden establecer las rutas - que conectarán a éstas, de acuerdo al tipo de aeronaves que operarán en las rutas.

Para lograr establecer las rutas es necesario tener un conocimiento de las características de las aeronaves a utilizar incluso, para la planeación de las instalaciones de éstas. - Las aeronaves utilizadas en los Servicios Aéreos tienen capa capacidades de pasajeros que fluctúan de 20 hasta casi 500. Las aeronaves de Aviación General, por otra parte, son generalmente mucho más pequeñas en tamaño. Además, que no se debe olvidar la flota de aeronaves que sirven a las rutas alimentadoras, que cumplen una función de integración y que representan una demanda importante; debe existir una articulación entre el nivel alimentador y el nivel troncal. El tipo de - aeronave variará por la distancia a la que se encuentran las comunidades y el régimen económico de éstas; el rango de alcance y el diseño es diferente.

A fin de presentar una perspectiva de la variedad de aeronaves que pueden constituir la flota de una línea aérea, se re resume en la tabla IV.1 sus características principales en - cuanto al tamaño, peso, capacidad, longitud de pista y alcance. Dicha lista no es del todo completa, pero sí incluye - las principales aeronaves en uso. En forma similar, en la - tabla IV.2 se ilustran algunas aeronaves típicas de la aviación general (que incluyen aquellas utilizadas para negocios).

Las características ilustradas en las tablas son importantes para la concepción de los aeropuertos y su estructura de rutas, por las razones siguientes:

CARACTERISTICAS DE LAS PRINCIPALES AERONAVES DE TRANSPORTE

AVION	FABRICANTE	TURBINAS (1)	ALCANCE (KM)	ENVERGADURA (M)	LONGITUD (M)
DC-9-32	DOUGLAS	2 TF	5176	28,4	36,4
DC-8-61	DOUGLAS	4 TF	6033	45,2	57,1
DC-8-63	DOUGLAS	4 TF	7242	45,2	57,1
DC-101-10	DOUGLAS	3 TF	8336	47,3	55,5
707-1208	BOEING	4 TF	5176	40,0	44,2
727-200	BOEING	2 TF	2968	32,9	46,7
737-200	BOEING	2 TF	4071	28,3	30,5
747-B	BOEING	4 TF	11392	59,7	69,8
L-1011	LOCKHEED	3 TF	7187	47,3	53,7
A-300	AIRBUS INDUSTRIE	2 TF	4988	44,8	53,6
CONCORDE	BAC AEROSPATIALE	4 T	7224	25,6	61,6
LYUSHIN -62	URSS	4 TF	6693	43,2	53,1
TUPOLEV-154	URSS	3 TF	6898	37,5	47,9

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 a bordo.

CARACTERISTICAS DE LAS PRINCIPALES AERONAVES DE TRANSPORTE

A V I O N	PESO ESTRUCTURAL MAX. DE DESPEGUE (KG)	PESO MAXIMO DE ATERRIZAJE (KG)	CARGA UTIL (2)	LONGITUD DE PISTA (M)
DC-9-32	48 989	44 900	115-127	2 286
DC-8-61	147 417	108 864	196-259	3 356
DC-8-63	161 028	117 029	196-259	3 627
DC-10-10	191 048	164 884	270-345	2 743
707-1208	116 729	86 184	137-174	2 286
727-200	76 658	68 040	134-163	2 621
737-200	45 587	44 453	86-125	1 700
747 B	351 540	255 840	362-490	3 353
L-1011	195 048	162 388	256-330	2 286
A-300	136 987	127 507	225-345	1 981
CONCORDE BAC AEROSPATIALE	176 450	108 864	108-128	3 429
LYUSHIN-62	161 935	105 235	168-186	3 249
TUPOLEV-154	90 000	84 000	128-164	2 100

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 abordo.

TABLA IV.1

CARACTERISTICAS DE LAS AERONAVES DE LA AVIACION GENERAL

AVION	ENVERGADURA (M)	LONGITUD DEL FUSEJALE (M)	PESO MAXIMO DE DESPEGJE (KG)
BEECH 23-MUSKETEER (S)	10.0	7.6	999
BEECH V 35-BONANZA	10.2	8.0	1544
BEECH 58-BARON	11.5	9.1	3076
BEECH B80-QUEEN AIR	15.3	10.8	3995
BALANCA 260 C	10.4	7.0	1362
CESSNA 150	10.0	7.0	726
CESSNA 172 SKYHAWK	10.9	8.2	1044
CESSNA 182 SKYLANE	10.9	8.5	1399
CESSNA T 310	11.3	9.0	2497
PIPER PA-23-250 AZTEC	11.3	9.2	2361
PIPER PA-28-180E CHEROKEE	9.1	7.2	1090
PIPER PA-28-200R ARROW	9.1	7.4	1180
PIPER TWON COMANCHE C.	11.0	7.7	1634
GULFSTREAM II	21.0	24.4	26105
LEAR JET 25	10.8	14.5	6810
LOCKHEED JET STAR	16.6	18.4	19086
NA SABRELINER-60	13.5	14.7	9080
DESSAULT-JET FALCON 20T	16.5	18.3	13211

TABLA IV. 2

CARACTERISTICAS DE LAS AERONAVES DE LA AVIACION GENERAL

A V I O N	NUMERO MAXIMO DE ASIENTOS	NUMERO Y TIPO DE MOTOR (1)	LONGITUD DE PISTA (M)
BEECH 23-MUSKETEERS(S)	4	1 P	421
BEECH V 35 BONANZA	6	1 P	402
BEECH 58-BARON	6	2 P	725
BEECH B80-QUEEN AIR	11	2 P	549
BALANCA 260 C	4	1 P	305
CESSNA 150	2	1 P	422
CESSNA 172 SKYHAWK	4	1 P	465
CESSNA 182 SKYLANE	4	1 P	411
CESSNA T 310	6	2 P	546
PIPER PA-23-250-AZTEC	6	2 P	381
PIPER PA-28-180E-CHEROKEE	4	1 P	
PIPER PA-28-200R ARROW	4	1 P	
PIPER TWON COMANCHE C	6	2 P	570
GULFSTREAM II	22	2 TF	1241
LEAR JET 25	8	2 T	1581
LOCKHEED JET STAR	12	4 T	1487
NA SABRELINER-60	12	2 T	1486
DESSAULT-JET FALCON 20T	28	2 TF	1350

1) P= Motor de embolo

2) T= Turborreactor

3) TF=Turbofán

TABLA IV. 2

- El peso de la aeronave es importante para determinar el espesor del pavimento de las pistas, calles de rodaje y plataformas. Es un factor básico en el cálculo de la longitud de pista, tanto para despegue como para aterrizaje.

Para el cálculo de la longitud necesaria de pista influyen varios factores como son la altitud, temperatura, pendiente, viento y peso. Los fabricantes obtienen la longitud de pista necesaria para despegue y aterrizaje en forma práctica haciendo cambiar los factores antes mencionados, creando así distintas condiciones. Los resultados obtenidos se grafican y se podrá saber la pista necesaria para la operación.

- El tamaño ejerce influencia sobre dimensiones a las plataformas de estacionamiento que a su vez, afectan la configuración de los edificios para pasajeros. También determina la anchura de pistas y calles de rodaje.
- La capacidad de pasajeros tiene una influencia decisiva sobre las instalaciones dentro del edificio de pasajeros.
- La longitud de pista ejerce influencia sobre una gran parte del área terrestre necesaria a un aeropuerto.
- El alcance es determinante en la estructuración de las rutas ésta depende del estudio de los orígenes destinos. Generalmente las rutas de corto alcance (alimentadoras) que comunican ciudades que aportan un gran volumen de pasajeros tendrán mayor frecuencia de operaciones que aquellas rutas de mediano y largo alcance, entonces el alcance influirá en la capacidad de pistas, calles de rodaje y flujo de pasajeros.

El examen de las tablas revela lo siguiente: El peso máximo de despegue las aeronaves de las líneas aéreas principales varía de 48989 a 351 540 kg. Para las aeronaves más pequeñas -

de la aviación general, la variación del peso fluctúa entre los 726 y 3995 kg., mientras que las aeronaves de negocios varían de 6810 a 26105 kg. el número máximo de pasajeros transportados varía de 65 a cerca de 500. Por otra parte, los aviones más pequeños de la aviación general transportan de 2 a 6 personas y las aeronaves del negocio, de menos de 10 a cerca de 30 personas, dependiendo de la configuración interna del avión. Las longitudes de pista de las aeronaves de las líneas aéreas típicas varían de 2134 a 3658m; pero vale la pena observar que no es válido suponer que mientras mayor sea el peso de una aeronave, mayor será la longitud de pista requerida. En el caso de los grandes aviones especialmente, la distancia de vuelo ejerce influencia sobre el peso de despegue y también sobre la longitud de pista requerida, por esta razón debemos tener una estructuración de rutas previa al estudio de las instalaciones en el aeropuerto.

La estructura de rutas y el tipo de tránsito determinará la ubicación de las zonas de pasajeros, de carga y las áreas de mantenimiento. Para el caso de las áreas de mantenimiento dependerá si el aeropuerto dentro de la estructuración de rutas se utiliza como base principal, o sólo de escala, o para una combinación de ambos.

Ante la resolución de la necesidad de un tipo de aeropuerto, y su relación nacional o internacional, el tipo de relación con otras comunidades y su posible conexión, se pueden estudiar las posibles rutas que cubrirán los aviones que lleguen o salgan del aeropuerto, de acuerdo al tipo de aviones en función del transporte pasajeros o carga y a la distancia que cubrirán en éstas.

Rutas Aéreas

La aviación moderna ha organizado los vuelos, de manera que -

se realicen dentro de pasillos aéreos, cuyas dimensiones son variables, dependiendo de la capacidad de los centros de control y de las facilidades de navegación.

Se pueden identificar tres sistemas de ruta: 1) Aerovías Vor (very high frequency omnidirectional range) y L/MF (Low-Medium frequency); 2) El sistema ruta-jet; 3) El sistema área de navegación RNAV (Area navigation system).

Sistemas de Aerovías VOR y L/MF

Son sistemas de aerovías de baja altitud, consistiendo de vías aéreas que se encuentran comprendidas entre 12000 y -- 18000 ft. (3658 y 5486 metros) sobre el nivel del mar.

El sistema VOR conocido como AEROVIAS VICTOR, usa un código alfanumérico. Estas aerovías usan solamente ayudas navegacionales VOR y VORTAC.

Las rutas aéreas están señaladas por medio de radiofaros omnidireccionales (Very high frequency omnirange) que hacen la función de balizas de navegación, ubicadas en el terreno a cada 180 km aproximadamente. El VOR permite al piloto seguir en ese denominado radial, ubicándolo de acuerdo a su azimut y guiándolo de esta manera hacia un punto en particular, sin embargo no le indica en ningún momento al piloto, la distancia de éste a la estación VOR. Una estación VOR manda señales de radio en todas direcciones, cada señal puede ser considerada como una ruta. Existen señales cada grado con un total de 360 señales.

Las aerovías L/MF (Low-medium frequency) son ayudas de navegación de frecuencia de radio baja y media, antes de la introducción del sistema VOR estas aerovías se utilizaron en los Estados Unidos.

Sistema Ruta-Jet

Estas aerovías son diseñadas para aeronaves que operan a altitudes comprendidas entre 18000 y 45000 ft. (5486 y 13716 metros) sobre el nivel del mar. Estas rutas operan usando las estaciones de navegación VOR pero, el sistema requiere significativamente de menos estaciones, desde la línea de operación visual que da el VOR aumenta sustancialmente el rango cuando hace contacto con la aeronave a grandes altitudes.

Sistema RNAV (Area Navigation System)

Es una estructura de rutas de gran altitud, que van desde los 18000 a 45000 ft. (5486 a 13716 metros) sobre el nivel del mar. Se usa principalmente en los Estados Unidos y cubre el territorio con 160 rutas. La característica que distingue al sistema área de navegación es la de volar sobre una predeterminada trayectoria sin la necesidad de volar sobre las estaciones de navegación. El resultado es el uso mucho más flexible del espacio aéreo con una reducción considerable en el congestionamiento en rutas altamente transitadas.

AYUDAS DE NAVEGACION.

Ayudas de navegación en ruta.

NDB (Non-Directional Radio Beacon). El NDB consiste de una señal de radio de frecuencia baja o media sobre la cual una

aeronave equipada con una antena giratoria puede determinar su orientación relativa al transmisor. Operando en una banda de frecuencia de 200-425 KHz, estos equipos transmiten con modulación de 1020Hz, que es regulado con un código de tres letras continuas para suministrar identificación excepto durante la transmisión de voz. El NDB es susceptible a ruidos atmosféricos e interferencia en la comunicación - pero, es útil a grandes distancias.

VOR (Very high frequency omnidirectional range). La navegación VOR usa una frecuencia muy alta día y noche, en todos los climas, libre de interferencia de radio transmisor, operando en una banda de frecuencia de 108.0 - 117 MHz con un poder de rendimiento igualado al del área de servicio operacional.

Las aeronaves que vuelan a grandes altitudes pueden sufrir de interferencias mutuas de VOR (Recepción múltiple de equipos con similar frecuencia) por causa del incremento del horizonte de la aeronave. La precisión con que se indica la alineación del curso es por lo general excelente, dentro de un orden de + 1°.

DME (Distance measuring equipment) proporciona al piloto de manera automática y con procedimiento electrónico, la distancia a la que se halla del punto donde está ubicada la estación.

El orden de inclinación al DME es medido por un dispositivo localizado en el sitio de VOR. Su máximo rango es de - 199 millas, usando el orden de alta frecuencia (962-1213MHz) con línea de operación visual y sujeto al mismo criterio funcional de VOR.

TACAN (Tactical Air Navigation)

Los principios técnicos de operación del TACAN son totalmente diferentes de los del VOR-DME, desde el punto de vista del piloto, el rendimiento e información recibida es similar. Operando en conjunto con equipo transmisor de tierra fijo o móvil, la unidad en vuelo traslada un pulso UHF dentro de una presentación visual del azimut y la distancia.

VORTAC (VHF Omnidirectional Range/Tactical Air Navigation) es un equipo compuesto por dos partes, VOR y TACAN. Tiene un triple rendimiento: El azimut de VOR, la alineación y el azimut del TACAN. Si bien consiste de más de un componente, operando en más de una frecuencia, el VORTAC es considerado para ser una unidad naval integral suministrando tres tipos de información simultáneamente. La ruta JET, aerovías de grandes altitudes ha sido creada para usarse junto con las estaciones VORTAC separadas por grandes distancias.

Indicadores de señal luminosa. Son usados para determinar la localización exacta sobre un curso dado. Los indicadores son usados primariamente como instrumentos para procedimiento de acercamiento o de salida, reporte de la posición de puntos que en conjunto con las ayudas de navegación en ruta o el sistema de instrumento de aterrizaje.

Air Route Surveillance Radar. Este es un sistema de radar de amplio rango diseñado para suministrar un desplazamiento de la operación de aeronaves sobre grandes áreas. El equipo suministra al controlador de tránsito aéreo con información sobre la posición del azimut y la distancia de cada aeronave en la aerovía, en un área circular de 48.27 a 96.5 km (30 a 60 millas).

ATCRBS (Air Traffic Control Radar Beacon System). Este sistema se denomina frecuentemente vigilancia secundaria de radar. Se

tiene la ventaja de que el controlador puede diferenciar entre la rapidez de la aeronave y la certeza y seguridad de la identificación correcta del equipo de la aeronave del espacio aéreo bajo vigilancia.

LORANC. Los pares transmitidos en la estación en la cadena - LORANC permiten a la aeronave identificar su posición cuando se encuentra a grandes distancias del equipo de superficie. Este sistema es por lo tanto extremadamente útil en navegación transoceánica. La posición se determina por la diferencia entre el tiempo de recepción de señales de los últimos dos pares de estaciones, transmitiendo una señal simultánea. Este sistema usa ondas hiperbólicas de baja frecuencia capaces de ser receptoras a grandes distancias (2000 mi). El lugar geométrico de la diferencia de tiempo de un par de estaciones se denomina línea Lorán.

OMEGA. Acompañando al LORANC, omega es una cadena de 8 estaciones transmisoras localizadas a través del mundo que emiten señales de amplia protección. Ya que estas estaciones transmiten en banda de muy baja frecuencia (VLF) las señales tienen un rango de millas. La cadena de navegación omega es capaz de suministrar constantemente una información fija con una exactitud de ± 2 millas náuticas (3706 metros).

AYUDAS PARA LA NAVEGACION EN TERMINAL AEREA Y ATERRIZAJE

ILS (Instrument Landing System). Es una ayuda diseñada para identificar una trayectoria de aproximación y descenso de una aeronave en un aterrizaje.

Este es el sistema que comunmente se usa en un aterrizaje por instrumentos. Funcionalmente el sistema está compuesto por 3 partes:

- 1) Información guía: Localizador, indicador de la pendiente de descenso (Glide Slope)
- 2) Información de orientación: Indicadores de señal luminosa - (Marker Beacons)
- 3) Información visual: Luces de aproximación, zona de contacto, luces de línea central, luces de pista.

PAR (Precision Approach Radar). Frecuentemente llamada aproximación controlada de campo, el PAR es independiente del equipo de navegación aérea. El equipo del PAR se localiza en el campo adyacente a la pista. Este equipo puede ser usado como ayuda de aproximación primaria o frecuentemente en conjunto con el ILS.

ASR (Airport Surveillance Radar). Los operadores de la torre del aeropuerto reciben la información del control del tránsito aéreo en la terminal y de la localización de la aeronave del ASR. Dentro de un rango de 30 a 60 millas el ASR da información a las aerovanes que transitan de las aerovías a las áreas restringidas a través de la aproximación final. En una ayuda de dos dimensiones y no da información de la altitud de la aeronave.

ASDE (Airport Surface Detection Equipment). Es un sistema de radar especialmente diseñado para aeropuertos congestionados - como auxilio a los controladores en la segura maniobra de estacionar aeronaves que puedan ser difícil de identificar por la configuración del aeropuerto, tamaño del avión, o condiciones de poca visibilidad.

MLS (Microwave Landing System)

Equipo que provee 15 posibilidades de descenso de 1°, a 15° y además varias rutas hacia la pista (El sistema ILS solamente da una)

V. ESTIMADOS DE DEMANDA

La pronosticación es el punto vital de los procesos de planificación y control. Los pronósticos son necesarios para definir las instalaciones que se requerirán, la importancia de estas instalaciones y el momento en que se necesitarán.

La finalidad de la pronosticación no es predecir el futuro - con precisión, sino facilitar información que pueda ser utilizada para evaluar los efectos de la incertidumbre con respecto al futuro. Por lo tanto, deberían tenerse en consideración, tanto para la planificación física como para fines de evaluación - financiera, no solamente las inferencias de los pronósticos - mismos, sino también las atribuibles a la falta de precisión de los pronósticos y al hecho de la conversión de los pronósticos en criterios de planificación.

Para períodos de tiempo tan prolongados como los que transcurren entre la planificación y la inauguración de los aeropuertos, los pronósticos, en general, se producen anualmente, pero es la demanda en los períodos pico, más que la demanda - anual, la que debe determinarse a fin de evaluar los requisitos relativos a la instalación, ya que la capacidad de utilización de las instalaciones aeroportuarias se hace más crítica durante los días y las horas de los períodos pico del tránsito. Por lo tanto, los pronósticos básicos tienen que convertirse en información relativa a los períodos pico, tanto - para los vuelos de aeronaves (que definen los requisitos relativos a las pistas, calles de rodaje, control de tránsito - aéreo, plataformas) como para los pasajeros, mercancías y correo despachados (que definen los requisitos relativos a sistemas terminal, acceso; cuando se han incorporado análisis - adicionales relativos al número de visitantes que acompañan a los pasajeros, espectadores y trabajadores del aeropuerto o - que, sin estar adscritos a éste, trabajan en él).

El pronóstico primario se elabora frecuentemente en función de los pasajeros y mercancías despachados, ya que los datos referentes a estas cuestiones están generalmente disponibles y la demanda básica para la utilización de las instalaciones aeroportuarias está determinada principalmente por factores externos al proceso de planificación aeroportuario.

Como ya se ha mencionado, los requisitos en cuanto a instalaciones están determinadas por la actividad en el período pico, principalmente por la hora pico típica. A fin de no prever inutilmente para un tránsito que solo surge raramente, no se define la hora-pico típica como la hora-pico del año, sino que se acepta generalmente como la 30a o 40a hora de mayor actividad¹. Similarmente, el día de mayor actividad típico es el 30° o 40° día de mayor actividad.

Los pronósticos se deben realizar enfocados a los siguientes puntos:

Pronósticos operacionales

- 1) Desarrollo potencial de operadores, estructura de rutas y su influencia en el aeropuerto.
- 2) Tipos actuales y futuros de aviones, mínimo de ellos y su proporción en las horas pico.
- 3) Proporción de aviones de todo tipo.
- 4) Crecimiento histórico de pasajeros, carga nacional e internacional, llegadas, salidas y tránsito.
- 5) Horas críticas de diseño (pasajeros, carga, visitantes y empleados).

¹Manual de planificación de aeropuertos, planificación general, OACI

Pronósticos económicos

- 1) Actuales y futuras condiciones de competencia del transporte aéreo con otros medios de transporte.
- 2) Condiciones futuras. Requerimientos últimos de terrenos para el aeropuerto.

MÉTODOS CONVENCIONALES DE PRONOSTICO

Convencionalmente, el pronóstico de futuras demandas de tránsito aéreo ha sido llevado a la escala macroscópica, observando la demanda como una respuesta hacia todos los niveles de cambio de un número de variables, sin examinar en detalle el efecto individual de las variables particulares. Estos métodos han sido aplicados con éxito razonable a niveles local, nacional e internacional en donde el nivel de crecimiento del tránsito había sido constante desde hacía tiempo. Los métodos que han sido usados incluye: juzgamiento, encuestas a futuro, pronósticos de rumbo, y pronóstico base, que a continuación se consideran.

Juzgamiento

Bajo condiciones de crecimiento limitado, un crudo pero efectivo método de pronóstico es el juicio estimado por un proyectista que está cerca del problema y posibilitado para integrar y balancear los factores envueltos en la situación específica. Los cambios de progreso disminuyen a medida que la complejidad de la situación aumenta y la necesidad de pronósticos a largo tiempo predominan. El uso del juicio fácilmente resulta un pronóstico de corazonada, un procedimiento que es contrario a planeadores analíticos.

Encuestas a futuro

Una técnica que no es muy usada son las encuestas a futuro, dirigido a individuos en la industria del aerotransporte que se podría decir que se encuentran en posición de juzgar rumbos futuros. Por selección de un amplio rango de intereses en la selección de esas encuestas, el proyectista espera una vista balanceada.

Un procedimiento refinado, que se está volviendo más común en la planeación de transportación en general, es el análisis delfhi, aproximándose a la estimación futura aplicando un procedimiento interactivo de encuestas a futuro. En este procedimiento, los expertos marcan pronósticos y entonces reciben una retroalimentación de los resultados de el grupo entero de proyectistas. Después de cada interacción, el rango de respuestas tiende a angostarse y un acuerdo es finalmente alcanzado. En general, sin embargo, las encuestas a futuro son más adecuadas para agregar pronósticos a nivel regional o nacional que para desagregar estimados a niveles de aeropuerto.

Pronósticos de rumbo

Los pronósticos de rumbo han tenido un uso extensivo, donde el proyectista simplemente extrapola, el juicio básico en las figuras de crecimiento pasadas. A corto plazo, esta técnica es confiable, especialmente cuando la extrapolación es llevada a cabo con niveles modificados de crecimiento a considerar para desórdenes en rumbos mundiales. A largo plazo éste tipo de extrapolación no es muy confiable y es teóricamente difícil de verificar. Experiencias pasadas con pronósticos de rumbo a largo plazo no ha sido satisfactorio. Pronósticos tempranos donde extrapolaciones en línea recta fueron casi siempre muy bajos en el crecimiento rápido de los '50s y los primeros '60s. Los pronósticos hechos en los últimos '60s fueron exponenciales. La opinión ahora es más conservativa, reflejándose que

la curva de crecimiento es más logística.

Pronósticos de base en razones de pronósticos nacionales.

En los Estados Unidos, una técnica muy usada para el pronóstico de tránsito aéreo, es el pronóstico base, que asume que un porcentaje de la ciudad del volumen de pasajeros nacional, se mantiene relativamente constante en el tiempo. Pronósticos de aeropuertos son obtenidos por reducción de los porcentajes de los pronósticos nacionales. El método sufre dos serias limitantes:

1. Un porcentaje de las figuras nacionales, no necesariamente se mantiene constante, áreas que crecen rápido atraen más tránsito, en cambio, la demanda de tránsito en áreas estáticas con bases económicas de sector primario pueden no cambiar significativamente.
2. Los pronósticos nacionales, han sido incorrectos a través del tiempo como se ha notado recientemente.

Ciertamente el método presenta severas limitaciones en su aplicación a Europa Occidental, donde el tránsito fletado es una importante parte del total de pasajeros aéreos, y este tránsito es particularmente vulnerable al cambio de cuotas.

Típicamente dos técnicas se han usado:

Método A

1. Determinar el porcentaje de los pasajeros nacionales abor- dados que el aeropuerto ha atraído en el pasado.
2. Ajustar este porcentaje para reflejar crecimientos anormales anticipados.

3. Obtener datos para volúmenes de pasajeros nacionales para el año designado.
4. Calcular reducciones de las figuras diseño como producto del porcentaje del paso 2 y la figura nacional del paso 3

Método B

1. Obtener el número de pasajeros por cada 1000 habitantes - de la población que el aeropuerto ha experimentado en el pasado.
2. Compararla figura calculada en el paso 1 con el número de pasajeros nacionales por cada 1000 habitantes de la población.
3. Calcularla siguiente relación:

$$\frac{\text{pasajeros/1000 habitantes de la población del aeropuerto}}{\text{pasajeros/1000 habitantes de la Nación}}$$

4. Obtener el pronóstico nacional de volúmenes de pasajeros aéreos por cada 1000 habitantes para el año designado.
5. De la relación calculada en el paso 3 y el pronóstico nacional del paso 4, calcule los volúmenes de pasajeros locales por población de 1000.

El método de reducción es útil cuando el área de salida de un aeropuerto puede ser razonablemente bien definida. En pequeños países como los de Europa Occidental, donde áreas de salida son menos definidas este método es menos útil. Típico de éste método es el modelo usado en el estado de Washington en Estados Unidos en el estudio en donde:

$$E_i = M_{i/j} \cdot M_{j/s} \cdot M_{s/us} \cdot E_{us}$$

en donde:

E_i = abordaje doméstico en i

$M_{i/j}$ = Porcentaje de mercado compartido por el aeropuerto i
del total de abordajes planeados en la región j

$M_{j/s}$ = Porcentaje del mercado compartido de la región j del
total del mercado estatal s ;

$M_{u/us}$ = Porcentaje del mercado estatal s del total del mercado
de los US

E_{us} = Total de abordados planeados en los Estados Unidos.

METODOS ANALITICOS PARA PRONOSTICOS DE DEMANDA DE VIAJES AEREOS

El pronóstico de rumbo es simplista en que la técnica mira a la experiencia sobre el tiempo y además intenta continuar la curva de la demanda histórica en la luz de pronósticos generales de las condiciones totales. Altas y bajas en la economía general estatal son aplicadas en rumbos pasados y son usados para modificar el modelo macroscópico.

En el pasado, en la mayoría de las naciones la transportación aérea ha parecido exhibir un crecimiento exponencial, con las figuras de tránsito de pasajeros aéreos combinando un rango de crecimiento de aproximadamente 10% anual durante los '50s y '60s. El crecimiento exponencial claramente puede continuar por un período limitado, pero a largo plazo es más razonable esperar que el crecimiento en la industria añadirá más a la curva logística, que es la curva histórica convencional de la demanda por una nueva tecnología.

La curva exponencial nos lleva rápidamente hacia niveles inaccesibles de demanda, pero la curva logística refleja más realísticamente el crecimiento tan rápido de la demanda en el punto de introducción de la tecnología, en donde los costos de producción marginales caen rápidamente en una saturación

eventual del mercado a un costo de producción marginal constante. Por lo tanto cuando el pronóstico de rumbo es aplicado a la parte temprana de la curva, tiende a dar pronósticos a largo plazo altamente absurdos para las funciones de demanda que de hecho siguen la forma logística.

Métodos analíticos prueban a volverse los mas grandes errores del análisis de rumbo en la generación de viajes al intentar relacionar el nivel de tránsito con cambios en el nivel de la variedad de factores casuales o asociados. En el caso de la demanda de tránsito aéreo, se ha encontrado que el número de viajes hechos por el viajero individual depende no solamente de un número de variables socioeconómicas fuera del sistema de aerotransporte, tales como impuestos, tipo de empleo, y estructura familiar, sino tambien de variables basadas en el sistema, incluyendo frecuencia y nivel de servicio (incluyendo velocidad). Tal como los cambios ocurren en esas variables a través del área investigada, los cambios en los niveles de demanda pueden predecirse, estos procedimientos de predicción son capaces de reflejar cambios reales en el tiempo de una manera que no puede esperarse en el pronóstico de rumbo.

Análisis convencional de la demanda de tránsito divide el procedimiento de modelar, en 4 distintos y progresivos pasos: generación, distribución, división de modelo y asignación.

Generación → Distribución → elección de modelo → asignación.

Generación: modelos de generación indican cuantos vuelos originaron o terminaron en un área específica; estos modelos son basados en características socioeconómicas del área y la naturaleza del sistema de transporte. En la fase de distribución los viajes son modelados como viajes intercambio entre específicos pares de origen y destino, usualmente usando alguna forma de modelo de equilibrio, con el tiempo o la distancia como el parámetro impedante del viaje.

Elección del modelo. Divide el intercambio en modos específicos e individuales. La elección es normalmente una función de la estructura y naturaleza del transporte y su sistema el status socioeconómico del viajero. Los modelos de asignación indican qué ruta es tomada por el viajero individual de una elección de todas las rutas disponibles. El modelo asignado es de poco uso en mucho del trabajo del aerotransporte, donde como regla un número de rutas no son disponibles.

En el caso del aerotransporte, la cadena modelo ha sido simplificada frecuentemente a una cadena modelo-específica como sigue:

Generación de viajes aéreos → Distribución de viajes aéreos

Esta cadena simplificada es inadecuada y asume que las generaciones de tránsito aéreo son peculiares al mismo modelo y no son sujetas a la elección modelo dependiente de la naturaleza de los modelos que compiten.

VARIABLES PARA EL MODELO DE DEMANDA DE PASAJEROS

Viajar puede ser reconocido como el producto de 4 factores básicos que deben ser tomados para cualquier análisis real que quiere predecir la demanda en el tiempo. Estos son:

- Suplemento de gente
- Motivo de viaje
- Recursos disponibles para gastar en viaje en términos de tiempo y dinero
- Una estructura de transporte capaz de apoyar la demanda de viaje

Sobre el largo plazo es necesario considerar que la naturaleza

de los factores que fundamentan la demanda cuando se quiere pronosticar. Cuando un completo análisis de demanda es llevado a cabo, el procedimiento debe de seguir los siguientes pasos:

1. Observaciones de las direcciones pasadas.
2. Identificación de las variables exógenas que actúan como substitutos de factores básicos provocando cambios en niveles de demanda de aerotransporte.
3. Un estudio base colectando el dato socioeconómico que describe el status de la población, la naturaleza del área, y el status tecnológico del sistema.
4. Establecimiento de la relación entre las variables predecibles y de ambos niveles y cambios en niveles de demanda de aereotransporte.
5. Predicción del nivel anticipado de las variables exógenas en el año designado.
6. Predicción desde el nivel del año designado de las variables exógenas y la predicción relacionada de niveles futuros de demanda.

Métodos simplistas de predicción como el pronóstico de dirección toman cuenta explícita del primer paso solamente, y los pasos 2-6 son mezclados con juicio subjetivo con muchos niveles de éxito.

En intención de hacer predicciones analíticas debemos enumerar y cuantificar las variables que son susceptibles de afectar el nivel de demanda.

En el pasado variables en las siguientes áreas han sido usadas:

1. Variables demográficas, incluyendo tamaño de la ciudad y densidad de población.

2. Cercanía a otras grandes ciudades
3. Carácter económico de la ciudad
4. Actividad gubernamental, incluyendo políticas promocionales y regulatorias, subsidio de manera competitiva, y conservación de energía y políticas de balanza de pagos.
5. Niveles de tarifas
6. Desarrollo en la competencia de los modos de transporte
7. Desarrollo tecnológico en la industria aeronáutica
8. La provisión adecuada de infraestructura del modo aéreo y de los modos de competencia
9. Carácter de desarrollo urbano y regional
10. Otros varios impesables como cambios socioculturales en patrones de trabajo y descanso, cambios en tecnología de comunicación, y cambios en patrones de vida

MODELOS DE GENERACION DE VIAJES AEREOS

En el proceso de generación, el analista modela directamente el número de destinos de viajes. La escala del modelo de generación puede variar. En un lado del nivel, es posible producir macromodelos para describir y pronosticar niveles agregados de viajes a nivel nacional, o desagregar modelos relacionados con aeropuertos individuales y diferentes motivos de viajes. Dos principales técnicas de análisis han sido usados: análisis de mercado y regresión múltiple.

Análisis de Mercado

La aproximación del análisis de mercado normalmente asume que un área comparte el total del mercado de transporte, se mantiene constante. Totales de demandas nacionales son estimadas para la fecha designada, cuando comunmente, el pronóstico de dirección directa o clasificación cruzada (análisis de catego

ría). A corto plazo la suposición de un mercado constante puede ser razonablemente válida, pero claramente bajo cambios económicos y demográficos, el análisis puede ser menos confiado con respecto a la precisión de lo dicho.

El análisis de dirección para demanda nacional puede ser llevado a cabo en una manera similar que lo descrito anteriormente. Alternativamente, el análisis de la técnica de clasificación cruzada puede ser usada: asume que individuos con diferentes características sociales, económicas y demográficas, demuestran comportamiento diferente y predecible de viaje que es constante en el tiempo. Basado en un examen de información base, la demanda de viajes es categorizada por diferentes elementos que contiene la población total. Las variables usadas son: ingreso, edad, empleo, estructura familiar y educación. Niveles de demanda son calculados para cada nivel de variables predecibles del estudio de los datos anuales base. Después, esos niveles de viajes son aplicados al pronóstico nacional de población desagregada en sus componentes por niveles de variables predecibles. La agregación de niveles de componente de demanda entonces nos da una demanda proyectada total para la población futura.

Una forma modificada de clasificación cruzada fue usada en conjunción con pronóstico de tránsito al situar el 3er. aeropuerto de Londres. En ese caso, la categorización relacionada con el estrato del propósito del viaje, ingresos y estructura familiar. Para cada categoría el nivel de demanda fue calculado como propensión a volar, que fue modificado después por la relativa accesibilidad al sitio en cuestión.

Análisis de Regresión

Es también posible pronosticar demanda de transporte de pasajeros aérea con técnicas de regresión. Modelos estadísticos para análisis de demanda ha sido ampliamente usado por muchos

años en la predicción del transporte de pasajeros urbanos. Cuando es aplicado para transportación aérea una relación estadística es establecida entre la tarifa de generación de viaje aéreo (variable dependiente) y el número de variables predecibles (variables independiente).

El análisis es llevado a cabo usualmente observando generaciones de viajes aéreos de datos examinados y grabando niveles asociados y cambios de niveles de datos socioeconómicos del área y las características físicas de todos los orígenes-destinos del sistema de transporte aire-tierra. Por el uso de análisis de correlación, análisis de factor, u otros métodos estadísticos multivariado, variables adecuados predecibles son escogidas que parecen las mejores capaces de modelar la generación de viajes. Entonces el modelo de regresión puede ser construido para describir relaciones existentes, y éstas son usadas para pronosticar generaciones futuras de viajes. Tipicamente, la generación de viajes sería de la siguiente forma:

$$T = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

T = número de viajes generados

$x_1 \dots x_n$ = Variables independientes o predecibles.

$a_1 \dots a_n$ = constantes de regresión

Modelos de esta forma son adecuados para ambos análisis de demanda nacional y local. Las variables más comunmente usadas para la proyección del viaje generado en una área son: población, ingreso, tipo y empleo, y accesibilidad de la población al aeropuerto. Para niveles de demanda nacional agregados, el producto bruto doméstico ha sido encontrado como la variable más útil.

Es esencial que en las relaciones modeladas no haya solamente

correlación estadística, sino también relación lógica o implícita entre las variables previstas y predecibles. Es también importante que las variables predecibles sean independientes unas de otras.

Un ejemplo de modelo de regresión usado para predecir la generación total de viajes en un aeropuerto desarrollado en Virginia:

$$\ln \frac{E_i}{P_i} = 10.8 - 0.172 F + 1.41 \ln (Y_i)$$

E_i = abordajes planeados

P_i = población del área de influencia

F = promedio de la tarifa aérea/milla en US

Y_i = ingresos per capita del área de influencia

ESTIMACION DE MOVIMIENTOS DE VOLUMENES DE CARGA, SERVICIO POSTAL Y PAQUETERIA

El volumen de la carga aérea mundial se ha incrementado con gran rapidez; por ejemplo en la década de 1960-1970 en los Estados Unidos, el incremento promedio anual fue del 17% notoriamente mayor que el 11% de aumento de pasajeros en el mismo período.

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

En lo relativo a servicio postal aéreo y paquetería, al momento de estimar sobre la necesidad o no de un aeropuerto, puede observarse detalles como que entre los años de 1960 a 1970, en México el movimiento de carga de este tipo, aumentó de 1600 a 2700 toneladas, la carga de correspondencia transportada única

mente por compañías nacionales. Por lo cual debe estimarse - también por separado los posibles volúmenes de servicio postal aéreo y paquetería entre diferentes entidades y los volúmenes suministrados por las entidades alimentadoras al momento de la decisión relativa de la necesidad o no de la construcción de - un aeropuerto.

AVIACION GENERAL O PRIVADA

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

La infraestructura turística en este caso tiene una importancia relevante, pues una buena parte del volumen de tránsito - aéreo particular corresponde a paseantes extranjeros. Por tanto debemos contar con información relativa a la aviación general de los Estados Unidos y de ella sabemos que de los 77 297 aviones que tenían registrados en 1960 llegaron a 187 000 en - 1980; por lo que los incrementos de vuelos de aviación general internacional depende muy directamente del desarrollo de la capacidad, calidad y promoción que se realice en el campo de turismo.

VOLUMEN DE PASAJEROS Y AVIONES PARA DIAS-PICO Y HORAS-PICO

Los volúmenes de pasajeros en horas-pico como se mencionó, son necesarios para determinar la apropiada distribución del espacio en el edificio terminal y para determinar que tanto se necesitará. Análisis similares son hechos para autopistas que - establecen los volúmenes para la decimotercer hora más alta co

mo una base para el diseño, para aeropuertos no hay un criterio específico. Los volúmenes de las horas pico son examinados y se escoge un valor razonable como base para el diseño. El proceso implica la estimación de volúmenes para los meses-pico, días pico, y finalmente horas-pico.

El primer paso es determinar para los años conocidos qué porcentaje de pasajeros esperados anualmente concurrirán en los meses pico. De esta información se decidió usar el 10%² como proporción al mes pico para el número de pasajeros anuales.

El siguiente paso es aplicar este porcentaje a el número anual de pasajeros previamente determinado.

El tercer paso es examinar el volumen de pasajeros día-pico con relación a los meses-pico, de este análisis se asume que el 4%³ sería una proporción razonable para aplicar a los pronósticos de los meses pico.

El paso final es pronosticar el volumen de pasajeros en horas pico. Esto es mucho más difícil de hacer, desde el momento que la hora-pico depende de la distribución de programas a lo largo del día; entre más dispersos estén los programas, menor será el pico. Los programas, de viajar por supuesto, tienen una gran influencia por el deseo de la gente (noche o día) y por el deseo de llegar a su destino.

Para pronosticar los pasajeros en horas-pico, es necesario pronosticar los movimientos de aviones en horas-pico y entonces multiplicar este número por el número de pasajeros esperados por salida.

² "Planning and Design of Airports" Robert Horonjeff

³ (misma referencia)

VI PLANTEAMIENTO DEL PLAN MAESTRO

Concepto y aplicación del Plan Maestro.

Plan Maestro es aquel que visualiza con la tecnología actual, - la forma y tamaño (desarrollo máximo probable) que el aeropuerto va a tener al final de su horizonte de proyección que puede ser 5, 10 ó 20 años.

La planeación de un aeropuerto está basada sobre una multitud de procedimientos y criterios para la evaluación de las necesidades, ordenando prioridades y alternativas justificando las -- alternativas seleccionadas.

En los primeros días de la planeación de aeropuertos, el plan - maestro aeroportuario se desarrolló primariamente como un plan - técnico viable enfocado hacia los requerimientos operacionales - de las aeronaves.

Actualmente, está establecido como una multitud de complejas -- consideraciones técnicas, económicas, financieras y políticas - que intervienen en el desarrollo de un aeropuerto.

También se da una importancia muy grande dentro del plan maes-- tro las consideraciones tales como los efectos externos (ruido, contaminación, etc.) que pueda producir el aeropuerto. Como resultado de lo anterior, el plan elegido puede no ser necesariamente el mejor plan técnicamente hablando. Por esta razón, el - plan es un compromiso entre muy diversos requerimientos físicos y no físicos.

La aplicación del plan maestro involucra llevar a cabo una se-- rie de objetivos principales que tienen como fin común, proveer de líneas de acción para el futuro desarrollo del aeropuerto, - el cual deberá satisfacer la demanda de aviación y ser computi-

ble con los factores externos, el desarrollo de la comunidad y otros medios de transporte.

Los objetivos que se persiguen en el plan maestro son los siguientes:

- Proporcionar una eficiente presentación gráfica del desarrollo último del aeropuerto y del uso anticipado del terreno circundante al aeropuerto.
- Establecer un calendario de prioridades y etapas para las diferentes mejoras propuestas en el plan.
- Presentar la información preliminar y los datos que fueron esenciales en el desarrollo del plan maestro.
- Describir los diferentes conceptos y alternativas que fueron considerados para establecer el plan propuesto.
- Proporcionar un reporte conciso y descriptivo para que el impacto y la lógica de sus recomendaciones puedan ser claramente entendidas por la comunidad que sirve al aeropuerto y por aquellas autoridades y agencias públicas que están encargadas de aprobar, promover y fundamentar las mejoras propuestas en el plan maestro.
- Prevenir los efectos ambientales en todos los órdenes, que acarreará la construcción.

REQUISITOS DEL AEROPUERTO

La determinación de los servicios requeridos por el aeropuerto se basan en un examen detallado de los siguientes aspectos:

- Inventario
- Pronósticos
- Análisis de la capacidad-demanda
- Análisis de los servicios requeridos
- Impacto ambiental

Inventario

El inventario consta de una recopilación de datos que permite al proyectista del aeropuerto ampliar su conocimiento respecto a la naturaleza y tamaño de las facilidades existentes. Para todos los sitios potenciales, el proyectista necesita recopilar datos de los siguientes aspectos: características físicas y ambientales del sitio; la cercanía de cualquier aeropuerto existente; la estructura del espacio aéreo y la disponibilidad y ubicación de ayudas para la navegación; la existencia y disposición del uso de la tierra y en general del área afectada por el sitio; la localización de empresas del sector público, escuelas, hospitales y otras obras de infraestructura; y las restricciones legislativas relacionadas a ordenanzas, por leyes, zonas, códigos en edificios y así sucesivamente, que pueden afectar la naturaleza y extensión de cualquier proyecto en el desarrollo de un aeropuerto.

Pronósticos

Se necesitan desarrollar los pronósticos a corto, mediano y largo plazo de la demanda aeronáutica que permite una dirección -

bien concebida de la planeación para el desarrollo último en el sitio del aeropuerto. El proyectista tiene la necesidad de pronosticar el volumen de pasajeros, así como los movimientos de aviones y carga, tanto anualmente como en niveles pico. El conocimiento de los movimientos anuales es necesaria para estimar la magnitud del costo del pasaje. Los movimientos en niveles pico determinan el tamaño de los servicios requeridos para asegurar un equilibrio de la capacidad con la demanda. Como se mencionó anteriormente para propósitos de pronóstico se recomienda el empleo de datos base en las áreas de: demografía, ingreso personal, actividad económica y condición industrial, geografía, tecnología alternativa, factores sociológicos y políticos, y datos históricos de tráfico aéreo.

Análisis de la Capacidad-Demanda

Con un conocimiento del Pronóstico de Demanda para el sitio -- propuesto del Aeropuerto y con diferentes estimaciones de la etapa del desarrollo más allá de los niveles de infraestructura existentes, el analista puede probar una variedad de opciones de desarrollo en un análisis de capacidad-demanda. El análisis deberá ser amplio y deberá comprender las siguientes áreas de operación con suficiente detalle para permitir un dimensionamiento preliminar:

- Comparar el pronóstico de operaciones áreas contra la capacidad del espacio aéreo, los medios para el control de tránsito y la capacidad de la zona aeronáutica.
- Comparar el pronóstico de movimiento de pasajeros contra capacidad de la terminal.
- Comparar el pronóstico de volúmenes de carga contra capacidad de la terminal aérea.
- Pronóstico del acceso de tránsito contra capacidad de rutas de acceso en superficie.

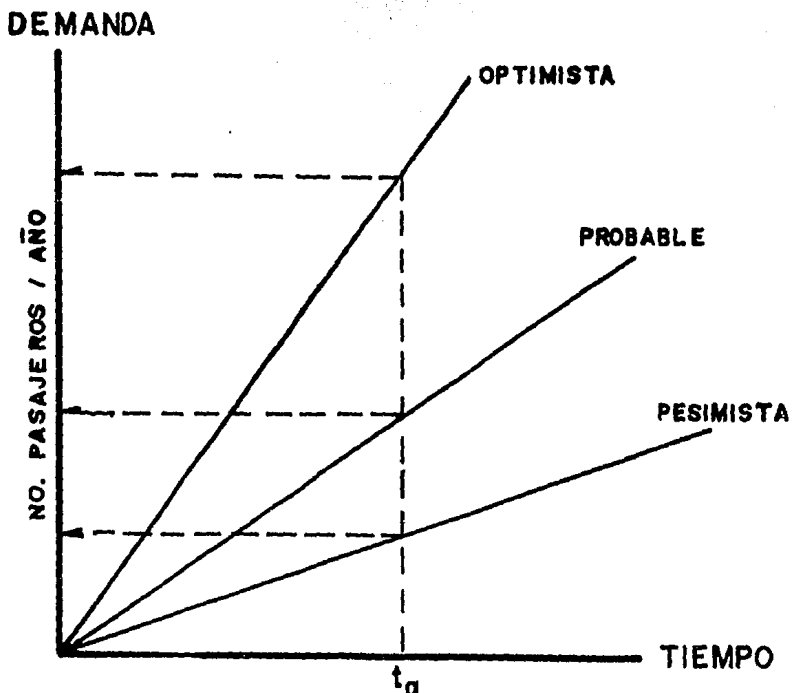
Estudio de la posible demanda

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

El pronóstico relativo a la curva de demanda es muy difícil, por lo que se intenta utilizando tres criterios de tendencia; una de pendiente mayor "Pronóstico optimista", otra recta de pendiente Moderada "Pronóstico Probable" y la tercera con pendiente menor o de "Pronóstico Pesimista"

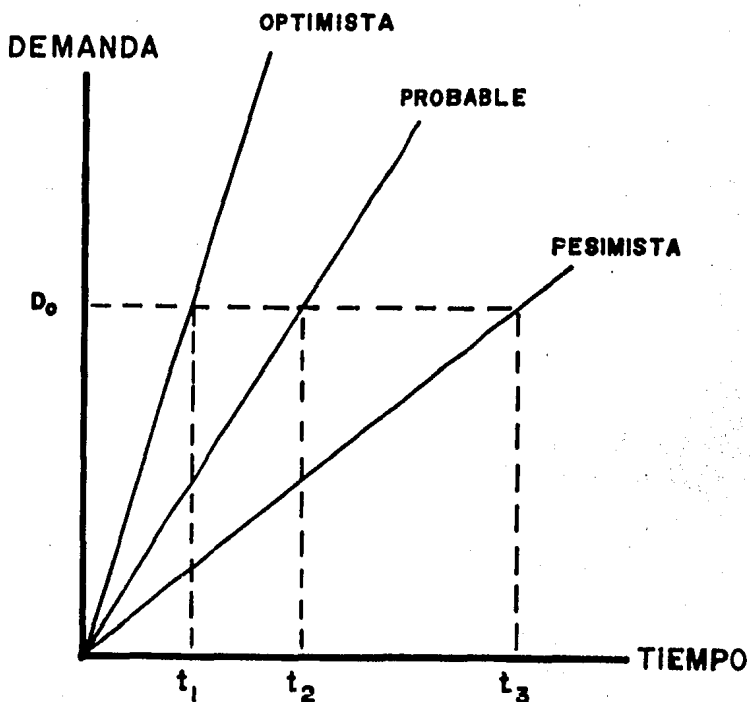
Existen dos puntos de vista para fijar el tiempo en que se deberá ampliar un aeropuerto.

- 1) De acuerdo a estudios de tendencias, fijar una fecha para las etapas de desarrollo.



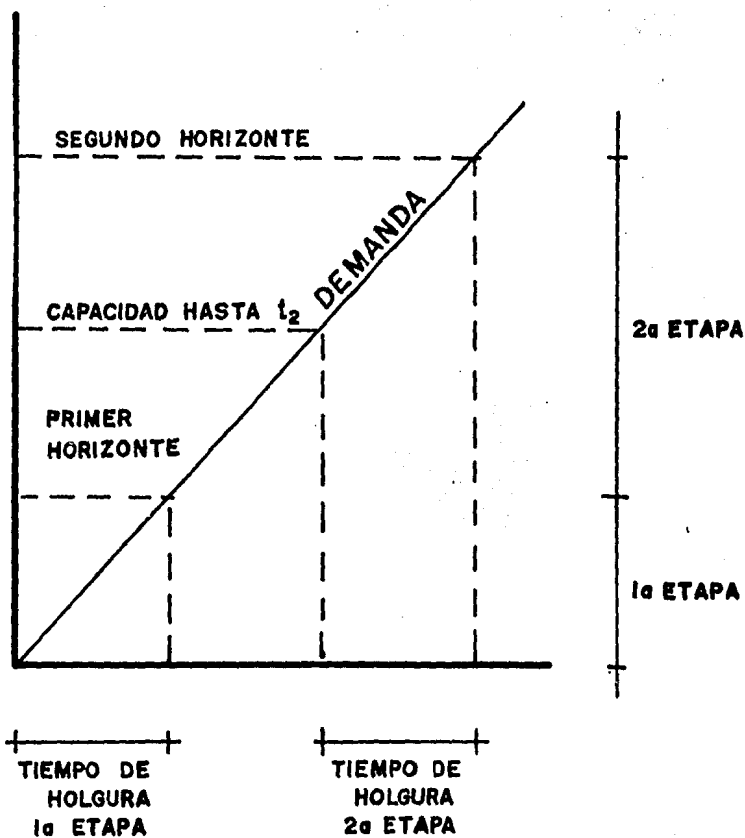
Este método tiene el inconveniente de que en la fecha fijada t_a existen tres pronósticos de demanda de acuerdo al tipo de proyección tomada.

2) Fijar las etapas para una determinada demanda no importa cuando se presente

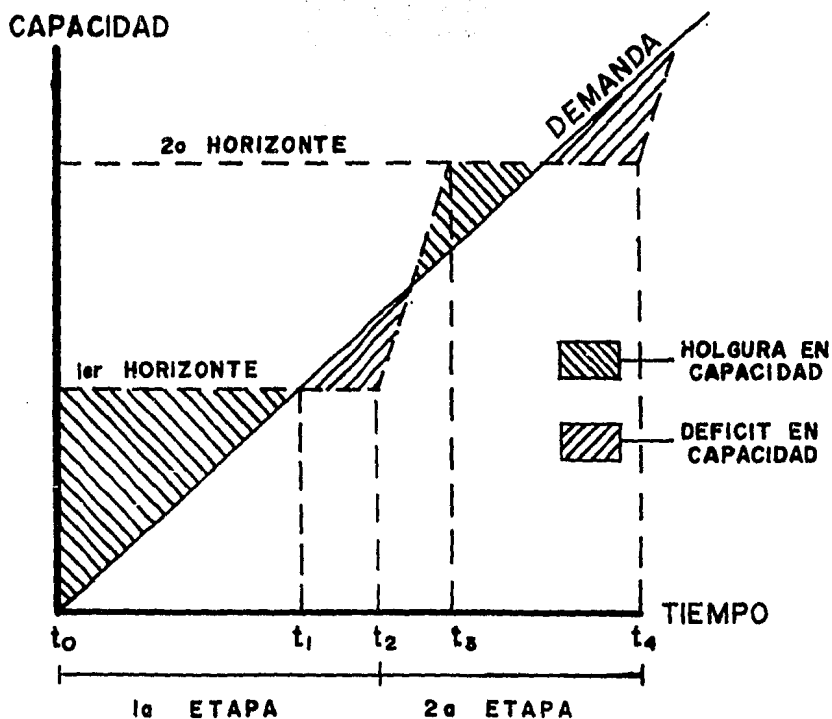


Desde el punto de vista planeación se comporta mejor el segundo método ya que se conoce desde un principio el tamaño del aeropuerto para una determinada demanda, y por lo tanto las asignaciones económicas indispensables para llevar a cabo la ampliación (Primera etapa de desarrollo).

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

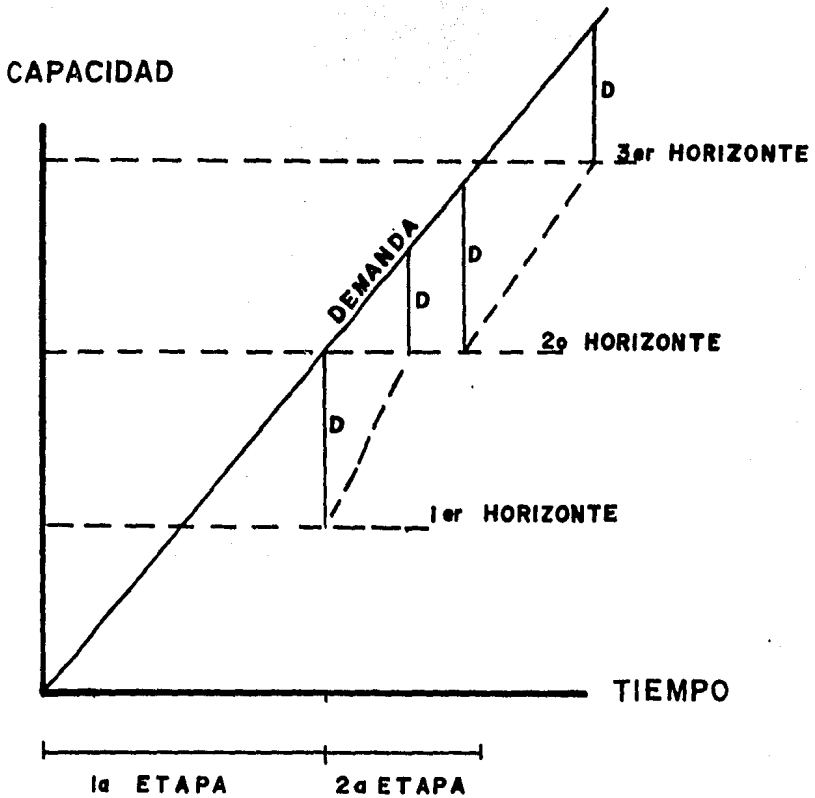


A continuación se ilustran diferentes situaciones del funcionamiento de un aeropuerto de acuerdo a su relación Capacidad-demanda-tiempo.



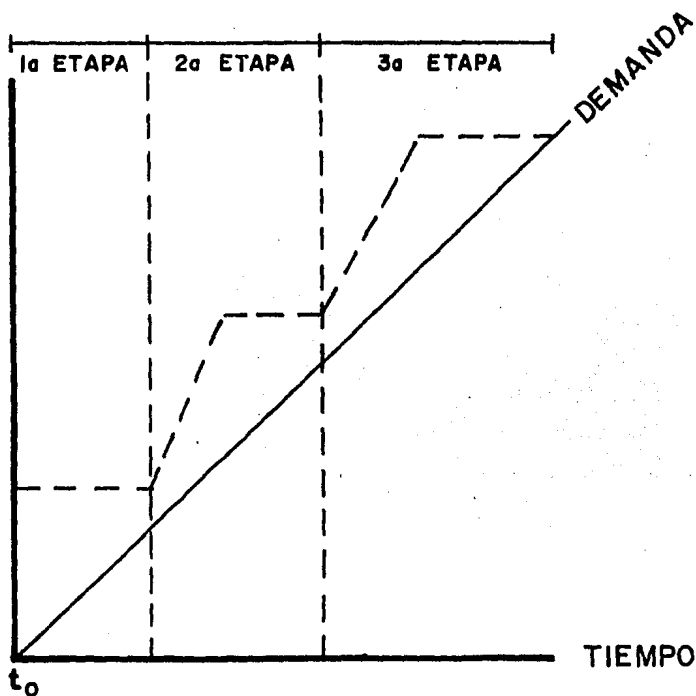
En este tipo de aeropuerto parte del tiempo se encontrará con holguras en su capacidad y parte se encontrará saturado, para optimizar las holguras en cuanto a capacidad y tiempo, debe buscarse reducir los retrasos de iniciación de obras de la siguiente etapa. Esto abate el costo de la solución.

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



Este tercero es un caso ideal, donde la política de desarrollo permite la aplicación oportuna de recursos, por eso los tiempos de inicio de construcción de las etapas subsecuentes ocurren antes de alcanzar los puntos de saturación del servicio.

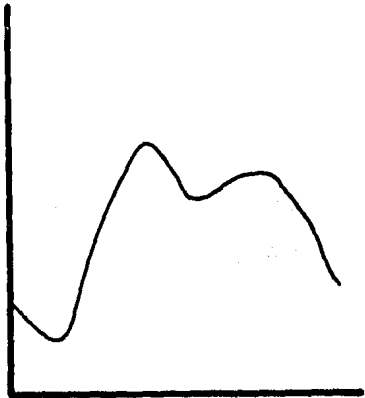
CAPACIDAD



Comportamiento Horario

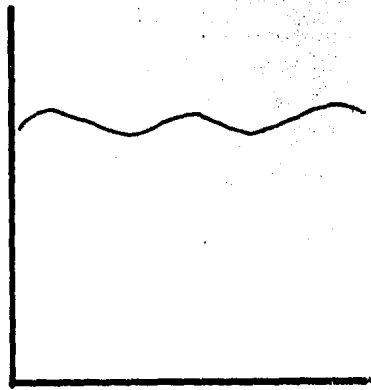
Para llegar a determinar la magnitud de la demanda de servicio en cifras de número de pasajeros/año; es necesario partir del comportamiento horario, que no es otra cosa que la forma de la curva de distribución de la demanda de servicio en las diferentes horas del día. Las figuras siguientes + ilustran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

DEMANDA DE SERVICIO



0 HRS. 24 HRS.

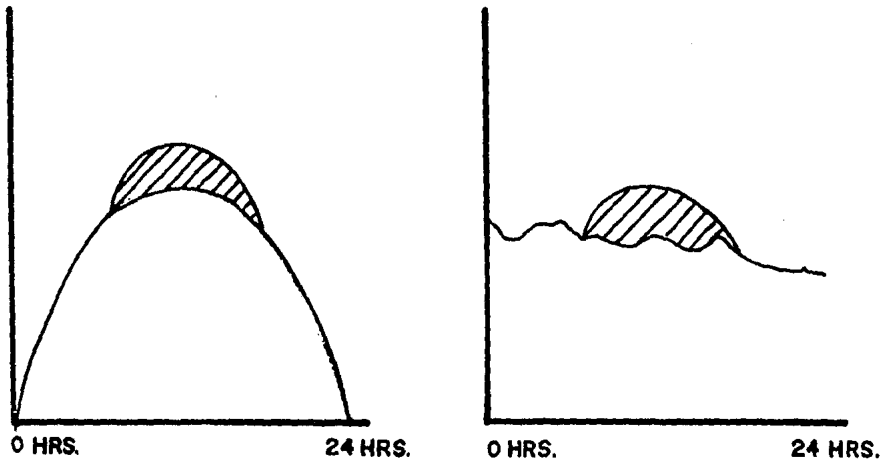
Caso de un aeropuerto normal, donde la demanda es mucho mayor en determinadas horas.



0 HRS. 24 HRS.

Aeropuertos con una enorme demanda, constante las 24 hrs. del día

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



□ DEMANDA USUAL

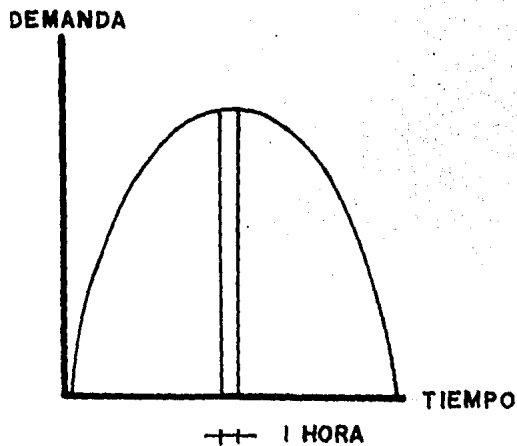
▨ DEMANDA ESTACIONAL

Otros factores que son necesarios de valorar previamente, para realizar un proyecto aeroportuario son los siguientes:

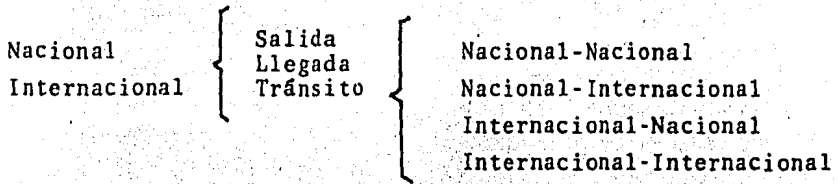
Número de pasajeros/año y número de pasajeros por "Hora de Diseño"

La hora de diseño es aquella donde la distribución de la demanda de servicio es mayor, en un lapso de una hora del día.

La hora de diseño está en función del tipo de demanda y del tipo de servicio que se proporciona.



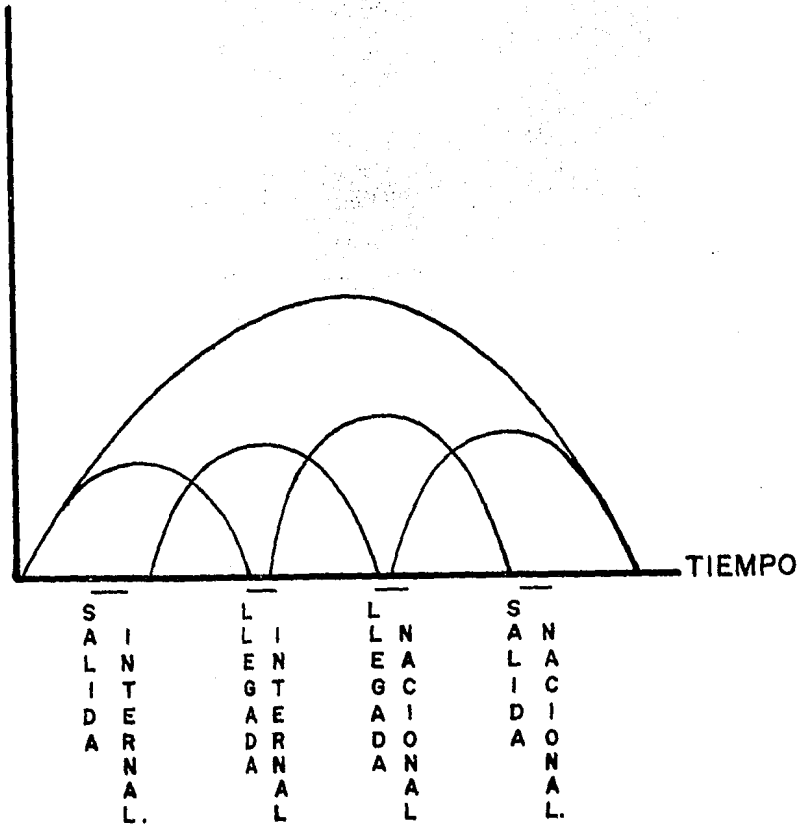
Tipo de servicio



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

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

DEMANDA



Servicios Requeridos

La clase de los nuevos servicios requeridos, su tamaño y su construcción gradual están determinadas como resultado del análisis capacidad-demanda. Los servicios requeridos son: Pistas de aterrizaje, caminos de acceso, terminal aérea, áreas de servicio y hangares, helipuertos, obstrucciones, drenaje, pavimentos, luces y marcas, datos de viento, ayudas a la navegación.

Estudio Ambiental

Uno de los requisitos para el desarrollo del aeropuerto y las aerovías, es la consideración de los factores ambientales en el proceso de selección del sitio y en el diseño del aeropuerto; cualquier acción con respecto al desarrollo de un aeropuerto que afecte considerablemente la calidad del medio ambiente debe estar acompañado por un informe de los siguientes puntos:

1. El impacto al medio ambiente de la acción propuesta.
2. Cualquier efecto ambiental adverso que pudiera no ser evitado si la propuesta fuera implementada.
3. Alternativas a la acción propuesta.
4. La relación entre el usuario a corto plazo del medio ambiente y el empobrecimiento a largo plazo de la productividad.
5. Cualquier perpetración irreversible e irreparable de los recursos en la propuesta.

Por lo tanto se sugiere que cualquier plan maestro de un aeropuerto, se evalúe en términos de los efectos potenciales siguientes:

- Cambios en el nivel de ruido en el ambiente.
- Desplazamiento de un número considerable de gente.
- Estética u obstáculos visuales.

- División de comunidades
- Efectos en áreas de interés único o de belleza escénica
- Deterioramiento de importantes áreas de recreación
- Impacto en los patrones de comportamiento de las especies
- Otras interferencias con la vida animal
- Incremento considerable en la contaminación del aire o el agua.

SELECCION DEL SITIO

Después de la segunda guerra mundial, el transporte aéreo siguió siendo relativamente escaso, aún en los aeropuertos Metropolitanos se tenía un número bajo de vuelos diario. Los aeropuertos no eran considerados por la comunidad como indeseables. Bajo estas condiciones la localización del sitio relativamente era simple y dependía principalmente de los requerimientos de aviación e Ingeniería Civil. Por causa del incremento drámatico del transporte aéreo en los últimos 15 años, acompañado por la producción de aviones más grandes y más poderosos, a los aeropuertos se les ha identificado como fuentes de deterioro ambiental, como generadores de gran tránsito, y generadores de un desarrollo económico y de la comunidad que puede no concordar con los deseos de los usuarios de los terrenos circundantes.

Por consiguiente, la selección del sitio es ahora tan compleja como el problema que busca solucionar. En el procedimiento del plan maestro, se recomienda un análisis mínimo en la selección del sitio que incluye los siguientes factores:

- Análisis de los espacios aéreos
- Obstrucciones
- Impacto ambiental y naturaleza del desarrollo circundante
- Cercanía a aéreas de generación de viajes aéreos.

- Terrenos de Acceso
- Características físicas del sitio, incluyendo condiciones atmosféricas
- Servicios
- Costo de la tierra y disponibilidad
- Análisis comparativo de sitios alternativos

En el capítulo VII se desarrollarán ampliamente cada uno de los puntos anteriores.

TRAZO DEL PLAN DE AEROPUERTO

El proyecto del aeropuerto consta de un número de planos que muestran las facilidades existentes y propuestas en el desarrollo del sitio seleccionado del aeropuerto.

Las facilidades propuestas pueden ser dispuestas a varios niveles del mejoramiento planeado. Los planos dan la escala de la evolución anticipada en cada etapa pero destacando la localización anticipada en todo el desarrollo, incluyendo las dimensiones y espacios necesarios.

Los planos del proyecto muestran las configuraciones de calles de rodaje, pistas y caminos de acceso, la posición y tamaño de los servicios de la terminal y la localización de las zonas de aproximación a las pistas.

Plan de uso del terreno

El plan del uso del terreno puede ser una exposición clara de la forma en que el aeropuerto ha sido localizado y proyectado, no solamente de acuerdo con los planes locales de uso del terreno sino como una parte integral de la planeación. Esta deberá estar en coordinación no sólo con los usos del terreno actuales y futuros, sino que también con las políticas y programas de planeación a niveles local y regional.

Proyecto del área terminal

La localización y trazo de los servicios de la terminal deberán estar indicadas en forma conceptual con planos a detalle que muestren la ubicación de la circulación de pasajeros, equipaje, carga y vehículos.

En el contexto del plan maestro, deberá ser claro como el concepto de diseño; maneja las funciones múltiples de la terminal y prevee actividades anticipadas en esa área.

Proyecto de accesos al aeropuerto

El plan debe mostrar explícitamente las rutas propuestas de los accesos del aeropuerto a los distritos centrales de negocios de las áreas servidas y otras de mayor generación de viajes aéreos; puntos de conexión de sistemas de transporte tanto regional como metropolitano, también deberán estar incluidos. Todos los modos disponibles y anticipados deberán aparecer en el plan, y los datos de viajes deberán ser estimados en términos de los volúmenes de viajes anticipados a través de los servicios principales.

PROYECTO FINANCIERO

El programa del desarrollo propuesto y de la estimación de los costos puede ser desarrollada en base a un análisis a corto, mediano, y largo plazo de la demanda aeronáutica, normalmente ésta es de 5, 10 y 20 años en el horizonte de proyección.

Factibilidad económica

La factibilidad económica es considerada en cada etapa del proceso del plan maestro: en la determinación de si expandir un aeropuerto existente o el desarrollo de otro en un

nuevo sitio, en la selección del sitio, y en la onción del conento diseño en el sistema acceso-terminal-aeropuerto. En cada caso el costo preliminar de los elementos se acostumbra a evaluar la inversión y la renta. En la última etapa se debe hacer una evaluación económica final en las etapas de proyección a 5, 10 y 20 años, para predecir si en cada etapa del desarrollo proyectado podrá ser rentable para cubrir el capital anual y los costos de operación, suplementados como puede ser por subsidios federales, estatales y locales. En general los ingresos provienen de los usuarios, rentas, e ingresos por concesiones de la operación de varios aeropuertos. Un examen de las contribuciones estimadas permiten al proyectista determinar si las áreas respectivas serían una contribución proporcionada o formarían parte de los costos de acuerdo a las políticas que se adopten.

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

Debe observar el plan en su etapa inicial, el incremento de sus factores de desarrollo a corto plazo y en las etapas subsecuentes, el desarrollo de sus elementos a largo plazo; ésto determinará el número de etapas que deban constituir el plan.

Al elaborar el plan maestro, debe tomarse en cuenta, que conforme se vaya desarrollando el aeropuerto, la población tenderá a crecer hacia la zona, lo cual se debe preveer en el plan regulador de población; evitando así la interferencia en zonas de protección para aproximaciones y despegues. Además debe reducirse el efecto de contaminación atmosférica y ruido del aeropuerto hacia la población.

En todo momento para la elaboración del plan maestro, se debe contar con la asesoría del personal especializado en

aeronáutica civil y demás ramas profesionales involucradas.

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

Aquí podemos encontrar situaciones extremas igualmente erróneas como el contar con un aerouerto que durante mucho tiempo no necesite ampliaciones, lo cual significa que la inversión inicial, fue muy elevada y que las dimensiones del aerouerto fueron desproporcionadas respecto a la demanda inicial. Lo contrario es igualmente indeseable.

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

VII FACTORES A CONSIDERAR EN LA LOCALIZACION

Las distintas organizaciones de cada país que se encargan del transporte aéreo en general, continuamente están estudiando - los factores que determinan el sitio apropiado.

Dentro de estos organismos podemos mencionar: La OACI (Organización de aviación civil internacional) que tiene como objetivo organizar y reglamentar el tránsito internacional. Los países que pertenecen a este organismo se comprometen a cumplir los anexos que se establecen en el convenio de Chicago, en el caso de México se utiliza el anexo 14; la FAA (Federal aviation administration) es una agencia del Gobierno de los Estados Unidos empleada en el área técnica, es conveniente - referirnos a este organismo ya que se encuentra en constante actualización e investigación.

La O.A.C.I. menciona en su secuencia las siguientes etapas:

- Determinación general de la extensión de terreno necesario.
- Ubicación de los emplazamientos probables.
- Inspección de los emplazamientos.
- Examen de los emplazamientos probables.
- Preparación de los planes generales y cálculo de gastos e ingresos.
- Evaluación.
- Informe y recomendación.

Consideramos que la secuencia seguida en nuestro país engloba a la de la O.A.C.I., pero solo se mencionarán aquellos puntos - que tengan especial relevancia en el análisis de la secuencia implementada para la justificación de un aeropuerto. - Siendo a su vez, los aeropuertos obras de infraestructura, -

algunos factores que se mencionan pueden ser aplicados en estudios de obras de esta magnitud.

DETERMINACION DE LA EXTENSION TERRITORIAL

Características del funcionamiento y tamaño de los aviones.

A medida que los años pasan los aviones que se construyen sufren distintos cambios que no son muy sencillos de predecir.

Cambios que se manifiestan en el tamaño o funcionamiento de éstos. Uno de los puntos que son determinantes para encontrar la extensión territorial es la longitud y número de las pistas; y el cálculo de esta longitud se hace con base en el tipo de avión que se usa en la actualidad y en la estructura de las rutas, dejando el suficiente espacio para posibles futuras ampliaciones, previendo las necesidades de las operaciones que se llevarían a cabo con aviones que en el futuro serán usados.

Es posible que uno de los cambios más importantes que se registran en las Aeronaves futuras sea el tipo de despegue; pudiendo realizar éste en forma vertical, lo que podrá modificar grandemente la configuración del aeropuerto y su superficie.

ESTIMADOS DE DEMANDA

Ver capítulo V

Condiciones meteorológicas

Las tres condiciones meteorológicas más importantes que afectan la extensión territorial requerida son el viento, la

temperatura y la presión. Las altas temperaturas van a provocar que sean necesarias pistas más largas y los vientos no solo influirán en la longitud sino también en la orientación de las mismas. El uso eficiente de las pistas será determinado por aquella orientación que permita el aterrizaje de aviones en un 95% de las veces con componentes de viento cruzado que no excedan de 24.14 k/hr (ajustable al tipo de avión). La importancia del viento normal se minimiza en el caso de los grandes aviones y por esta razón las condiciones dominantes del viento, afectarán la orientación de las pistas en función de la visibilidad, antes que en función de los componentes de viento cruzado.

Como decíamos anteriormente, las altas temperaturas provocarán que sean necesarias longitudes de pistas más largas, ya que los motores son afectados por la temperatura, a medida que aumenta la temperatura se reduce la eficiencia, la cual depende en parte de la diferencia entre la temperatura del aire exterior y la máxima temperatura que pueda lograrse en la cámara de combustión. A medida que la eficiencia del motor disminuye provoca un aumento en la longitud de pista necesaria, y una disminución en la sustentación.

Dentro de las operaciones que el avión realiza, lo más conveniente es que las mismas se realicen lo más posible con las componentes del viento de frente. Por último la orientación de las pistas deberá realizarse tomando muy en cuenta que los mejores resultados en cuanto a las operaciones se tienen en estas circunstancias. Cuando se efectúa un despegue en contra del viento la longitud de pista se reduce; porque la velocidad del aire sobre el ala aumenta, provocando así una mayor fuerza aerodinámica de succión por arriba de la misma, siendo por lo tanto necesaria una menor longitud de pista.

Para la orientación de las pistas en función de los vientos -

existen varios procedimientos; sin embargo, uno de los más utilizados es el que se conoce con el nombre de rosa de vientos cruzados, método que consiste en la representación gráfica de las velocidades y frecuencia de los vientos para 16 orientaciones geográficas sugeridas. Se busca obtener la orientación para la cual el porcentaje de vientos normales o sea perpendiculares a la orientación de la pista sea el mínimo.

Para ello, la O.A.C.I. en su especificación de que las pistas deben orientarse en tal forma que los aviones puedan aterrizar al menos 95% de las veces sin que la componente transversal del viento, perpendicular a la dirección de las pistas, exceda la velocidad de 24.14 km/h¹; estará determinando también el número de pistas necesarias; porque si la especificación no se cumple en una sola dirección, será necesario contar con pistas en otras direcciones que garanticen la especificación. Desde luego, es necesario tener en cuenta que ya se han dictado otras especificaciones como la del O.A.C.I. que recomienda una máxima componente transversal de 37 km/h, si al ser opuesto servirá predominantemente a grandes aeronaves y de 16.09 km/h para el caso de aeronaves ligeras². Entonces el número de pistas para cada dirección estará determinada por el tránsito, tipo de aviones y condiciones de viento, principalmente; aunque no se pueden desechar otros factores meteorológicos que deben considerarse en el estudio de localización son los vientos que alcanzan violencia excepcional las presiones barométricas y humedad, lluvias y nieves considerando su densidad por meses y las alturas de precipitación, nieblas y densidad de las mismas, número de días en que las nubes son bajas, formación de tormentas, influencia del relieve

¹ Recomendación 3.1.1. Anexo 14 OACI, 1976

² Recomendación 3.1.2. Anexo 14 OACI, 1976

ve del suelo en corrientes ascendentes y descendentes.

Elevación del lugar

A mayores alturas sobre el nivel del mar la densidad del aire disminuye y las fuerzas aerodinámicas de succión, principalmente que produce el aire en las alas del avión se reducen, para suplir la fuerza de sustentación que se tendría a una altura del nivel del mar, es necesario que el avión tenga una mayor velocidad, necesaria para el despegue que influirá en un incremento de la longitud de pista. Además de esto último a una menor densidad del aire la potencia de los motores se ve disminuída si no son motores sobre alimentados. Para calcular la longitud de pista bajo distintas condiciones se utilizan dos métodos: el de la O.A.C.I. (Anexo 14), que considera una longitud de pista básica para el avión crítico.

El método de manuales considera que el despegue es un proceso constituido por cuatro segmentos. Por restricciones del segundo segmento se nos puede limitar el peso de despegue del avión. Para el cálculo de la longitud de pista se utilizan manuales de vuelo aprobados por las Autoridades Aeronáuticas en que se manejan los siguientes datos: temperatura ambiente, altitud del aeropuerto, condiciones de humedad, ángulo de las aletas, condiciones de viento y pendiente de la pista. Todos estos datos se han manejado de tal forma que se han obtenido gráficas para cada tipo de avión. Manejando los datos antes enumerados para distintas condiciones se puede encontrar la longitud de pista que se requiera para el despegue. Es necesario considerar en estos cálculos, las condiciones tanto del aeropuerto de origen como la del aeropuerto de destino, así como la distancia entre ambos, ya que las restricciones de peso para el aterrizaje pueden condicionar el peso de despegue y la distancia entre ambos aeropuertos conociendo el consumo y capacidad de combustible del aparato pueden ser también condicionantes.

MINIMIZACION DE PERJUICIOS PARA LA CIUDAD

La cercanía o lejanía de un aeropuerto acarreará para los habitantes de la ciudad determinado número de perjuicios. Las personas tratan de conseguir un servicio sin que éste les cause ningún problema, cosa que resulta muy difícil. Para ver - ésto con mayor claridad veamos las palabras de los usuarios - que comunmente utilizan el servicio aéreo: "Queremos que se elimine el ruido que produce el avión en la Ciudad, pero también queremos que no caminemos más de cinco minutos para llegar al aeropuerto desde nuestras casas"

Lo anterior suena cómico pero se refleja claramente la exigencia que influye definitivamente en la elección del sitio de emplazamiento.

Claro está que algunas veces el quejoso y el usuario no son la misma persona; el quejoso es aquel que vive cerca del aeropuerto en alguna sección de alguna ruta, gente en general de recursos económicos inferiores para utilizar el servicio aéreo; el usuario vive en zonas residenciales alejadas del aeropuerto lo suficiente para que el ruido no sea un factor negativo.

A continuación trataremos de estudiar los principales perjuicios que para la ciudad provoca la construcción y operación de un aeropuerto.

Efecto del Ruido

Las aeronaves grandes y modernas como se dijo anteriormente, no son afectadas en extremo por las condiciones del viento y por el otro lado en la mayoría de los lugares la fuerza del viento es tan baja que no afecta la dirección de los despegues o aterrizajes, en este caso la orientación de las pis

ta quedará determinada por aquella dirección que satisfaga los espacios aéreos y que abata los niveles del ruido. En la práctica el problema que se presenta es que el aeropuerto es siempre un foco de atracción hacia el cual la Ciudad se expande. Se ve muy claro en la Ciudad de México que toda la zona que circunda al aeropuerto en un momento dado es un fuerte freno a la posibilidad de ampliación del aeropuerto. Pero volviendo al punto que nos concierne, diremos que toda la zona urbana que crece dentro del área afectada por el ruido sufrirá las consecuencias del mismo. Por lo anterior es conveniente que las autoridades competentes tomen la precaución para restringir los asentamientos humanos en zonas previamente establecidas. A los fabricantes se les está exigiendo que abatan los niveles de ruido que producen los motores y lógicamente cuando se logre el objetivo de operar con niveles muy bajos de ruido el problema de operar sobre zonas de habitación se minimizará.

Asimismo si en el futuro las operaciones de aterrizaje y despegue se realizarán con equipo de despegue vertical el ruido más intenso se localizaría únicamente en el área del aeropuerto. Pensamos sin embargo que el tratar o exigir que la zona de asentamientos humanos carezca absolutamente de perjuicios por ruido, puede entorpecer las operaciones aéreas en algunos casos, por lo que la exigencia deberá evocarse además a los constructores para que los motores sean cada día más silenciosos y regulados.

El ruido producido por los Jets se debe a longitudes de onda corta y alta frecuencia emitidas por los compresores de los motores, además por longitudes de onda larga y baja frecuencia, producidas por el escape del jet.

Además del ruido del escape incluye ruidos de origen mixto (frecuencias espurias), producidas dentro del revestimiento del motor.

El ruido de las hélices se emite con ángulo recto con respecto al avión, y tiene en su conjunto, una menor intensidad que el ruido del Jet.

El ruido producido por las aeronaves depende de las características siguientes:

- a) Tipo de motor.
- b) Tipo de operación.
- c) Distancia y ubicación entre el receptor y la aeronave.
- d) Características climatológicas y ambientales.

Todas las investigaciones sobre ruido de las aeronaves han -
mostrado perjuicios por ruido para una comunidad, están no so-
lo en función de la intensidad producida por un simple vuelo
sino también de la duración y número y repeticiones de las -
operaciones que se presentan de día y de noche y el tipo de -
comunidad.

Veremos brevemente los métodos usuales para evaluar los nive-
les de ruido.

1. C.N.R. (Composite Noise Rating); es uno de los primeros mé-
todos que se utilizó. Podemos evaluar el ruido que estará
afectando a los alrededores del aeropuerto.

$$\text{CNR} = \text{PNdB} + \text{ajuste}$$

PNdb = Ruido percibido en decibeles los ajustes se hacen to-
mando en cuenta el número de operaciones aéreas si éstas son
de día o noche y por el porcentaje de tiempo en que la pista
es utilizada.

Este método se usa poco

2. N.E.F. (Noise Exposure Forecast). Es una extensión del -

método anterior con las diferencias siguientes:

- a) El nivel de ruido percibido se expresa en EPNdN en lugar de PNdB. EPNdB (Effective Percibe Noise en Decibeles)
- b) Los ajustes son continuos y no como en el CNR que se realizan por pasos.

Matemáticamente

$$NEF = EPNL + 10 \log_{10} \left(\frac{N}{K} \right) - C$$

EPNL = Nivel de ruido efectivo percibido y en decibeles.

N = Número de operaciones de día o de noche.

K = Constante que depende de si las operaciones se realizan de día o de noche.

$$K_d = 20 \text{ (día)}$$

$$K_n = 1.2 \text{ (noche)}$$

C = Factor de normalización para hacer las cifras del NEF diferente al CNR.

Contaminación Atmosférica.

La contaminación atmosférica en los últimos años ha sido un motivo de gran preocupación en todas las ciudades donde el uso de vehículos con motor de combustión crece a ritmo acelerado. Los aviones han sido motivo de severas críticas por parte de la opinión pública, acusándolos como principales responsables del problema.

Esta crítica es comprensible si tomamos en cuenta que la estela de humo que dejan los aviones, principalmente durante el despegue, es impresionante. Los dos compuestos contaminantes que produce la combustión de los motores de avión (monóxido de carbono) son los mismos producidos por la combustión en los motores de los automóviles.

Estudios hechos en los Estados Unidos, señalan que el transporte aéreo, es responsable del 3% del total de contaminación producida, esto hace ver que aunque si representa un problema no es tan serio como podría pensarse.

Otro punto importante que es necesario considerar es la sustitución del energético actual (petróleo) por otros energéticos que están actualmente tratándose de producir, de una forma que sea satisfactoria para el fin que debe cumplir. Las reservas de petróleo mundiales se irán agotando y la búsqueda del nuevo energético se hace cada vez más urgente: posiblemente muy pronto el problema de la contaminación se superará y quedará en la historia como una crisis superada.

EXPANSION

Desde que se estudia el plan maestro del aeropuerto se debe de proveer el crecimiento que se va a requerir para ir satisfaciendo todas las necesidades que vayan a ser fundamentales en el correcto funcionamiento de todo el sistema. Cuando seleccionamos el emplazamiento lo hacemos previendo el tamaño del aeropuerto en el horizonte último del proyecto; sin embargo, la cantidad de factores que determinan ese tamaño, estudiados a futuro resultan en gran medida inciertos. Si en un momento fuera necesario una nueva superficie para hacer del funcionamiento del aeropuerto el correcto y no se contara con ésta, el horizonte de proyecto se vería disminuido. La solu-

ción que se vislumbra más conveniente, es la coordinación entre la administración del aeropuerto y los organismos encargados de la planeación del país.

Por otro lado el exceso de organismos que opinan sobre los problemas aeroportuarios dando cada uno sus soluciones que lógicamente, cuando no son iguales, lo único que causan son confusiones y problemas de retraso en las medidas que deben ser tomadas.

Una de las formas más efectivas de controlar el uso de la tierra alrededor del aeropuerto es el de proporcionar al tiempo de la construcción del aeropuerto, un uso específico de la tierra en los alrededores.

El planear el uso de los alrededores, reportará sin lugar a dudas múltiples beneficios para la ciudad y para el aeropuerto.

Asimismo, si en un futuro se ve el aeropuerto en la necesidad de una expansión no prevista, los problemas socioeconómicos de expropiación serán menores.

FACTORES NO DETERMINANTES

Dentro del análisis de un aeropuerto, se toman puntos que aisladamente pueden no ser determinantes, más en su conjunto si lo son: ya que su estudio es importante porque repercuten en el costo de la construcción y la operación del aeropuerto, y en ciertas ocasiones pueden ser determinantes al elevar el costo de una manera exagerada.

A continuación se hace un breve análisis de estos factores:

Suelos

El terreno en un aeropuerto debe servir unas veces para utili

zación directa como zona de aterrizaje y despegue y otras como soporte de las instalaciones propias del aeródromo. En cualquier caso el terreno debe tener suficiente resistencia para resolver las cargas a que será sometido, aunque sean pavimentos compensados, método muy útil para cimentar pistas y caminos como los del Valle de México. La estabilidad es necesaria pues el tener una pista con movimientos diferenciales provoca problemas y hasta peligros en las operaciones de despegue y aterrizaje y el mantenimiento puede ser muy costoso.

El conocimiento del comportamiento del suelo y las formas de variar sus cualidades naturales para aumentar su resistencia y estabilidad es imprescindible en la construcción y planeación del aeropuerto, pues ello conduce a cifras más bajas en costo y en el conocimiento de los suelos para poder operar dentro de una economía.

El tipo de suelo influirá en el tipo de pavimento a usar y en sus especificaciones básicas.

Actualmente existen dos tipos básicos de pavimentos que se usan en aeropuertos: el rígido y el flexible.

Los rígidos están formados por una losa de concreto apoyados sobre la subrasante frecuentemente se utiliza concreto de resistencia a la tensión por flexión de cuarenta y cincuenta kg/cm^2 , a los 28 días, equivalentes a la resistencia y a la compresión simple del orden de 450 kg/cm^2 . Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa apoyada sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base, la calidad varía en sentido descendente.

En general cualquier suelo natural es aprovechable para terracerías, excepción hecha de los suelos muy orgánicos o aquellos cuyo rebote elástico sea importante y por lo tanto produzca de formaciones excesivas a las capas suprayacentes.

Para cumplir sus funciones, un pavimento debe cumplir dos condiciones básicas: ofrecer una superficie resistente de rodamiento, con la rugosidad necesaria para garantizar buena fricción en las llantas de los vehículos y con el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos; en segundo lugar, debe poseer la resistencia vertical adecuada y las características mecánicas para soportar las cargas impuestas por el tránsito, sin fallas y con deformaciones que no sean permanentes y que garanticen las buenas condiciones de operación. Obviamente un pavimento debe de soportar los ataques del intemperismo. Otros factores que afectan al pavimento son: los materiales que forman la terracería y la capa subrasante, el clima, el tipo de tránsito.

Como podemos darnos cuenta, el pavimento y su diseño es importante y si a éste lo determinan de una manera valiosa, el tipo o tipos de suelo y los materiales de la terracería, en cuanto mejores sean estas dos características, más económica saldrá la obra, y por ende, esa alternativa tendrá mejores perspectivas para realizarse.

Hidrología y Drenaje

Uno de los principales problemas del aeropuerto es la construcción de la red de drenaje, que tiene por objeto el desalojo del agua de las zonas usadas por las aeronaves y las franjas de seguridad, evitando encharcamiento en el campo que pueden dañar seriamente a las zonas utilizadas.

El agua es elemento perjudicial hablando de pavimentos, pues ablanda las bases y al crear fallas, en última instancia los llega a inutilizar.

Las aguas que hay que eliminar en un aeropuerto pueden prove-

nir de: las lluvias, el agua que asciende del subsuelo por el efecto capilar o por el aumento del nivel freático, y de las corrientes de agua que pueden interrumpir en éste, originadas por las lluvias en las zonas aledañas.

La red de drenaje se puede dividir en superficial, subterráneo y de control de corrientes externas. Dentro de estas tres existe otra clasificación que es: sanitaria, industrial pluvial y freática.

Estos sistemas pueden llegar a ser independientes, pero en el común de los casos actúan como un sistema.

La construcción de las redes depende de las características del suelo, de su topografía, del volumen de agua por desalojar así como también del clima que impera en la región. El drenaje de control de corrientes externas se construirá si hay posibilidad de corrientes superficiales exteriores que puedan causar problemas al aeropuerto, pues en ciertos casos, éste puede estar ubicado en alguna zona que pase una corriente estacional creando en la época de lluvia problemas en la utilización de las pistas, calles de rodaje, plataformas, etc., y en el deterioro de los pavimentos.

Para el desalojo oportuno del exceso de agua existen algunos aeropuertos, como en el de México, sistema de bombeo por ser difícil e imposible su desalojo por gravedad.

En cuanto a los datos necesarios para la correcta solución a este problema, recomendaciones aceptadas internacionalmente nos indican como solucionar este factor. Se considera un período de recurrencia de 5 años, pues suponer uno mayor, sería injustificado económicamente a menos de que hablemos de una tormenta tal, como un período de recurrencia de 10 ó 15 años

que cause daños al costo de ampliar la red de drenaje.

Un análisis sería del tamaño de la red y de las consecuencias de su falla, deberán de tomarse en cuenta para la planeación del aeropuerto.

Movimiento de terracerías

En el movimiento de tierras se incluyen todos aquellos trabajos que tengan como finalidad la construcción de los terraplenes de las pistas, calles de rodaje, plataformas, caminos de acceso, etc., sus costos y necesidades.

En cuanto al cálculo mínimo consta de: volúmenes, curva masa, etc., para determinar cortes y terraplenes y los acarrees consecuentes.

Está basado en estudios previos como: el de Mecánica de Suelos, Geología y Topografía; y depende básicamente del diseño de pistas y de más elementos del aeropuerto, que pueden ser evaluados previamente al diseño de esos elementos, de una manera general, teniendo la posición probable de los elementos y así en base a la topografía y a la calidad de los materiales, suponer los volúmenes a mover y el posible costo de esto.

Ubicación de bancos de materiales

Es punto de importancia relevante en la construcción del aeropuerto, pues su buena ubicación y la factibilidad de explotación y tratamiento, reduce notablemente los costos y dá como resultado una mejor opción aeroportuaria.

Los elementos importantes que componen este punto son:

Tipos de bancos: rocosos, conglomerados, aglomerados, playo-

nes de ríos, arcillosos, etc., la calidad de los materiales y sus características influyen en el diseño de pistas y en el proceso constructivo.

Uso del material: ésto incluye de nuevo la disposición de los materiales, pues si contamos con la suficiente cantidad y calidad de ellos, nuestros costos bajarán sensiblemente.

Exploraciones. En los lugares planeados y con los estudios previos para la localización de bancos, recorridos por las zonas cercanas al sitio, se da la nota en: acceso al banco, ubicación, materiales disponibles, empleo posible y su volumen aprovechable.

Estudios para analizar el despilme, contenido de agua y procedimiento de ataque probable.

Posibles tratamientos del material: trituración, cribado.

Potencial del banco.

En fin, en este punto se hace necesario el análisis para manejar la opción del sitio.

ANALISIS DE ESPACIOS AEREOS

La elección del sitio sobre el aeropuerto debe de realizarse primordialmente con los estudios de espacios aéreos. El espacio aéreo debe de cumplir múltiples condiciones para que pueda ser satisfactorio; estas condiciones han sido dictadas con el objeto de que las operaciones aéreas futuras, se realicen con seguridad.

Las aeronaves tienen sus limitaciones en todas las operacio-

nes que realizan y el espacio aéreo adecuado será aquel en el que dichas operaciones se puedan realizar satisfactoriamente; además, de no interferir con las operaciones de otros aeropuertos o rutas aéreas.

Existen dos formas de navegación aérea: visual y por instrumentos.

El movimiento de tránsito aéreo bajo reglas de vuelo visual (VFR) o por instrumentos (IFR) depende de las condiciones del tiempo así como de la localización y la altitud de la trayectoria del vuelo. En general la operación del VFR prevalece cuando las condiciones del tiempo sean óptimas para la aeronave que opera con referencia visuales al campo y a otras aeronaves, y cuando la densidad del tránsito sea lo suficientemente baja que permita al piloto confiar en su visión antes que en la lectura por instrumentos. Se presentan condiciones IFR cuando la visibilidad o techo (altura de las nubes sobre el nivel de la superficie) cae debajo de las reglas de vuelo visual o cuando la densidad del tránsito aéreo requiere condiciones controladas.

En condiciones VFR no existe esencialmente un control de tránsito aéreo en ruta excepto donde se encuentra prescrito; la aeronave vuela de acuerdo a las "reglas de camino" (rules of the road), usando altitudes diseñadas para ciertos señalamientos, y el piloto es responsable de la seguridad de la aeronave.

El control de tránsito positivo se ejerce siempre en condiciones IFR y en el control de áreas diseñadas. La responsabilidad de mantener la seguridad de la aeronave pasa al controlador de tránsito aéreo. Esencialmente, el controlador sigue los procedimientos IFR, en el que asigna la altitud específica, rutas y separación de aeronaves volando en la misma dirección.

ANALISIS DE OBSTRUCCIONES

Los aeropuertos deben estar situados en áreas donde el espacio aéreo esté libre de obstáculos que puedan poner en peligro la operación de aeronaves en la vecindad del aeropuerto, en el despegue o en la trayectoria de aproximación. Además es necesario mantener el espacio aéreo circundante libre de obstáculos, previniendo el desarrollo y crecimiento de obstrucciones ajenas al aeropuerto e incluso del mismo aeropuerto. La regulación en la protección del espacio aéreo en la vecindad de un aeropuerto está fijada por superficies imaginarias, cualquier objeto que sobrepase estas superficies se considerará un obstáculo.

Las superficies imaginarias se establecen, con relación al aeropuerto y con relación a cada una de las pistas principales. Las superficies imaginarias son las siguientes:

Superficie Primaria. Es una superficie centrada longitudinalmente con la pista que se extienda más allá de cada extremo de la pista.

Superficie Horizontal. Es un plano horizontal arriba de la altura establecida del aeropuerto cuyo perímetro es determinado por el trazado de arcos de un radio específico desde el centro de cada final de las superficies primarias de cada pista y conectando los arcos adyacentes por medio de tangentes a esos arcos.

Superficie Cónica. Es una superficie que se extiende hacia afuera y hacia arriba de la periferia de la superficie horizontal.

Superficie de Aproximación. Es una superficie centrada longitudinalmente con la pista, que se extiende hacia afuera y hacia arriba del final de cada superficie primaria.

Superficie de Transición. Estas superficies se extiende hacia afuera y hacia arriba de la línea central de las pistas, lo mismo que a los lados de la superficie primaria y a los lados de la superficie de aproximación.

En el caso de México se utiliza el anexo 14 de la OACI. Muchas de las especificaciones que tiene este organismo son similares a los dictados por la FAA indicados en el FAR parte 77, ésta gobierna el plan de superficies imaginarias en los Estados Unidos, como la mayor parte de la información de la OACI es similar a la de la FAA conviene referirnos a ambos organismos.

Las especificaciones de la FAA usualmente son más restringidas. Las principales diferencias entre las especificaciones de la FAA y la OACI se pueden resumir en las siguientes³:

1. La superficie horizontal especificada por la OACI es circular, mientras que la superficie especificada por la FAA es irregular dependiendo del número de pistas y es cónica en el caso de una sola pista.
2. La OACI especifica diferentes superficies de despegue y descenso; las superficies de aproximación especificadas por la FAA son las mismas.
3. En las especificaciones de la OACI la proyección horizontal de la superficie cónica varía de acuerdo a la categoría de pista; en las especificaciones en FAR parte 77 se fija en 1219 m (4000 pies).
4. La pendiente de la superficie de transición varía de acuerdo

³ Airport engineering, Norman Ashford.

do a la categoría de pista en las especificaciones del anexo 14; ésta se fija de 7:1 en el FAR parte 77.

Con las nuevas tecnologías tanto de radioayudas como en las aeronaves las superficies imaginarias podrán ir variando en el futuro con respecto a las actualmente dictadas; así por ejemplo con el sistema de ayuda para el aterrizaje MLS, las superficies de aproximación podrán variar, así también con el uso de los aparatos STOL; las dimensiones de todas las superficies imaginarias son diferentes.

Por lo expuesto anteriormente, se puede ver la importancia que tiene en la selección del sitio, el análisis de espacios aéreos. Como ya hemos mencionado, con el gran crecimiento de las ciudades y la extensión de las mismas en los alrededores de los aeropuertos se hace cada vez más difícil, la disponibilidad de sitios que cumplen los requisitos necesarios para un aeropuerto. En muchas ocasiones se cuenta con la extensión territorial suficiente pero los espacios aéreos necesarios hacen que se descarte la posibilidad del aeropuerto en dicha extensión territorial. Por lo que la reserva territorial en los alrededores del aeropuerto ya existentes o en proyecto debe tomarse muy en cuenta, para evitar que a largo plazo los aeropuertos tengan que desplazarse por la imposibilidad de incrementar su tamaño.

Asimismo cuando la ciudad va ocupando grandes extensiones territoriales y es necesario construir un nuevo aeropuerto, los sitios que cumplen los requisitos se encuentran a una gran distancia de los centros de demanda, causando este problema, un serio trastorno a los usuarios.

DEMOGRAFIA Y SUS PROBLEMAS

La sociedad mexicana se caracteriza por una marcada heteroge

nidad y un ritmo diferente de cambio en sus diversos sectores sociales y económicos, la combinación de condiciones históricas, factores culturales y de la estrategia del desarrollo adoptado, ha producido corrientes de integración y homogenización por un lado, y de distanciamiento y heterogeneidad, por otro.

El proceso demográfico de México también ha sido producto de esa combinación a su vez a participado en la conformación de nuestra sociedad actual.

Los cambios demográficos experimentados en México, especialmente durante los últimos 30 años, son el resultado de modalidades del proceso de desarrollo en el país; tanto a nivel nacional como regional, determinando el comportamiento de la mortalidad, la natalidad y los movimientos migratorios. Todos los trastornos que causa este fenómeno en el proceso del desarrollo socioeconómico es el resultado de estas interrelaciones, por lo tanto, la importancia que significa la dinámica Geográfica en el incremento del bienestar de toda la población.

Cambio de régimen económico de la tierra

Generalmente los aeropuertos se han construido en zonas agrícolas o de un bajo nivel de urbanización, los alrededores también han sido zonas generalmente de un bajo nivel de urbanización. El plan del aeropuerto ha contemplado esas zonas con dicho desarrollo como poco o nada afectadas por los perjuicios que el aeropuerto provocaría a una zona habitacional; sin embargo como es bien sabido, no han transcurrido muchos años desde la construcción de nuestros aeropuertos hasta que para los mismos los alrededores han alcanzado altos grados de urbanización. Por la razón anterior y por conveniencia para

los habitantes de una zona a la cual servirá el aeropuerto, - se debe contar con un plan de uso de la tierra y además con - un mecanismo que sea capaz de lograr su cumplimiento durante toda la vida del aeropuerto.

Accesos de los centros de demanda al aeropuerto

Cuando se selecciona el sitio para el aeropuerto es esencial, contemplar los planes de acceso desde los principales puntos de demanda al aeropuerto. En ocasiones se llega a desechar un probable sitio por los problemas que representa el transporte a los usuarios.

Si se toma en cuenta además que por lo general, los usuarios del transporte aéreo son personas de alto ingreso y si las horas perdidas representan un costo, estas horas empleadas en el transporte, a la larga representarán altísimos costos sociales. Además de lo anterior en ocasiones no existe suficiente número de vías de comunicación o éstas, son deficientes, por lo que estas necesidades de comunicación tendrán también una influencia directa en la elección del sitio.

VIII CONCLUSIONES

Cualquier modo de transporte necesita estar debidamente justificado, ya que la inversión que representa es muy alta y dada la situación actual los recursos deben orientarse y optimizarse de la mejor forma.

La gran inversión que representa la construcción de un aeropuerto requiere estar acorde con las políticas y programas de planeación tanto a nivel nacional como regional.

Uno de los principales puntos a tratar es justificar el transporte aéreo antes que al aeropuerto. En el proceso el personal encargado tiene que realizar un estudio de la comunidad que suministre información, de tal forma que el régimen económico pueda definir el tipo de transporte a utilizar.

Las personas que utilizan preferentemente el transporte aéreo valoran el tiempo que emplean en transportarse, el cual se traduce en un alto costo, por lo que es necesario considerar el mejor servicio de puerta a puerta, donde el tiempo ahorrado será un tiempo mejor empleado. Se debe considerar para este efecto los tiempos que incluyen el tiempo total viajando por avión y compararlos con el tiempo de recorrido por otros medios de transporte.

Es necesario conocer la flota de aviones que servirá a esta comunidad. Esto se logra mediante un estudio de origen-destinos, con lo que se pueden estructurar las rutas y definir el tipo de aviones que servirán a éstas. Este punto tiene especial relevancia ya que el diseño de las facilidades requeridas se hacen en base al avión crítico, y al carácter que tenga el aeropuerto dentro de la ruta.

Es importante contemplar la flota de aviones que sirven a rutas

alimentadoras o secundarias, que tienen un volúmen considerable de pasajeros y de carga; además en general México manifiesta una grave deficiencia (y no solo en el sector transporte aéreo) ya que no existe una articulación entre el nivel alimentador (rural) y el nivel troncal, como tampoco entre el nivel interurbano y el urbano.

Las líneas aéreas nacionales deben planear sus pedidos de unidades, tomando en cuenta el largo período que transcurre en ser surtidas e informar, al encargado del proyecto si se tuviera la operación de un nuevo avión.

Es necesario conocer todos y cada uno de los sistemas que integran un aeropuerto y su interrelación. Estos sistemas deben analizarse en conjunto, para que trabajen como una sola unidad.

Ayudado en los resultados de los pronósticos y para no agotar recursos, este tipo de obras deberá construirse por etapas con templadas en un plan maestro. Estas etapas deberán satisfacer las demandas existentes en el transcurso de los años.

Es importante tener un criterio al analizar los resultados de los pronósticos, ya que éstos pueden variar por algún factor no previsto.

El plan maestro considerará tanto el espacio aéreo terrestre propio del aeropuerto, como el uso de los terrenos adyacentes para que en futuras ampliaciones, el aeropuerto pueda satisfacer las necesidades sin tener problemas de expansión y poder seguir operando; además debe contemplar tanto un estudio ambiental, como un estudio de factibilidad financiera.

Dentro de las instalaciones ocupan un lugar preponderante la accesibilidad al transporte terrestre y disposición de terrenos para expansión, así como la provisión de estacionamientos suficientes para pasajeros, visitantes, empleados, etc.

Tomando en cuenta los factores citados para la localización del aeropuerto, éste debe estar acorde con los intereses de la comu nidad.

Como ingeniero civil hay que tener en cuenta los costos que representan la construcción de obras de esta magnitud, por lo que los factores no determinantes como la ubicación de bancos de ma terial pueden incrementarlo considerablemente.

Por último con una correcta elección del sitio, el aeropuerto - funcionará con mayor eficiencia y seguridad, no provocando molestias a la comunidad a la que sirva; se tendrá una mejor operación integrándose al sistema transporte, cumpliendo los objetivos para el que fue diseñado.

BIBLIOGRAFIA

- "Planning and Design of Airports", Robert Horonjeff, -
2a edición Ed. McGraw Hill.
- "Manual de Planificación de Aeropuertos", Parte 1, Planificación General, 1a. Edición 1977, OACI.
- "Airport Engineering", Norman Ashford, Paul H. Wright
Ed. J. Wiley 1979.
- "Planeación de Aeropuertos en Zonas Turísticas" (tesis),
Alfonso Genaro Utrilla Hernández, Facultad Ingeniería -
UNAM.
- "Normas y Métodos Recomendados Internacionales", Aeródromos,
Anexo 14 al convenio sobre aviación civil internacional 7a. Edición 1976, OACI.
- "Evaluación y Selección del Emplazamiento de un Aeropuerto" (Tesis),
José Javier Tena Flores, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- "Apuntes de la Materia Aeropuertos", impartida por el -
Ing. Federico Dovalí Ramos, Facultad de Ingeniería UNAM.
- "Justificación Metodológica de una Aeropuerto", SAHOP,
1980.