

207
95
Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA



ANALISIS DE LA DEMANDA DE
TRANSPORTE AEREO EN LA
ZONA METROPOLITANA

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
PRESENTA

RICARDO LARA PEDRERO

MEXICO, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



VERIDAD NACIONAL
AVANZAMA

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-61

Al Pasante señor RICARDO LARA PEDRERO,
P r e s e n t e .

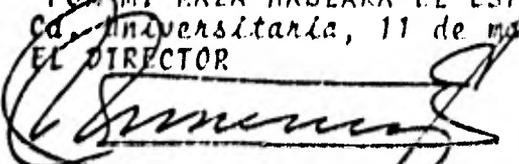
En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Rosendo Ortíz Piñón, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniería CIVIL.

"ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE AEREO EN LA ZONA METROPOLITANA"

- I. Introducción.
- II. Generalidades sobre aeropuertos.
- III. Sistemas de un aeropuerto.
- IV. Capacidad de los sistemas.
- V. Metodología.
- VI. Análisis de la demanda.
- VII. Conclusiones y recomendaciones.

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

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ca. Universitaria, 11 de marzo de 1980
EL DIRECTOR


ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

JJE/ROBERTO

I N D I C E

I	INTRODUCCION	PAG.	1
II	GENERALIDADES SOBRE AEROPUERTOS	PAG.	9
II.1	DESCRIPCION GENERAL DE UN AEROPUERTO		
II.1.1	DEFINICION DE UN AEROPUERTO		
II.1.2	ESPACIOS AEREOS		
II.1.3	PISTAS		
II.1.4	CALLES DE RODAJE		
II.1.5	PLATAFORMAS		
II.1.6	ZONA TERMINAL		
II.1.7	ZONA DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES		
III	SISTEMAS DE UN AEROPUERTO	PAG.	24
III.1	SISTEMA AEREO, FORMADO POR LOS ESPACIOS AEREOS Y LAS FACILIDADES DE NAVEGACION		
III.2	SISTEMA FORMADO POR PISTAS, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS.		
III.3	SISTEMA FORMADO POR EDIFICIO TERMINAL, TORRE - DE CONTROL Y EDIFICIOS PARA OFICINAS Y SERVI-- CIOS		
III.4	SISTEMA FORMADO POR VIAS DE ACCESO Y ESTACIO-- NAMIENTO		

III.5 SISTEMAS COMPLEMENTARIOS DE INSTALACIONES RE
PRESENTADOS POR LOS SÚMINISTROS DE ENERGIA -
ELECTRICA Y AGUA, ASI COMO POR LA ALIMENTA--
CION, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COM--
BUSTIBLES.

IV. CAPACIDAD DE LOS SISTEMAS PAG. 43

IV.1 GENERALIDADES

IV.1.1 EL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA -
CIUDAD DE MEXICO.

IV.2 CAPACIDAD DE LOS SISTEMAS

IV.2.1 PISTAS Y CALLES DE RODAJE

IV.2.2 PLATAFORMA DE OPERACIONES

IV.2.3 EDIFICIO TERMINAL DE PASAJEROS

IV.2.4 ZONA DE CARGA

IV.2.5 ESTACIONAMIENTO

V. METODOLOGIA PAG. 70

V.1 GENERALIDADES

V.2 EL TRANSITO DE PASAJEROS

V.2.1 ELEMENTOS DETERMINANTES DEL TRANSITO
DE PASAJEROS A MEDIANO PLAZO.

V.2.1.1. MODELO GENERAL PARA EL CALCULO
DE LA DEMANDA DE TRANSITO DE
PASAJEROS A MEDIANO PLAZO

V.2.1.2 ESPECIFICACION DE LOS MODELOS

V.2.2 PREVISIONES A LARGO PLAZO

V.2.2.1 LA INCERTIDUMBRE

V.2.2.2 LA TRANSFERENCIA A LARGO PLAZO HACIA
OTROS MODOS DE TRANSPORTE.

V.2.2.3 HIPOTESIS DE PREVISION A LARGO PLAZO

V.3 OPERACIONES ANUALES

V.4 CARGA

V.4.1 CARGA INTERNACIONAL

V.4.2 CARGA NACIONAL

V.5 PASAJEROS HORARIOS

V.6 OPERACIONES HORARIAS

V.7 ESTACIONAMIENTO PARA AUTOMOVILES

VI ANALISIS DE LA DEMANDA

PAG. 148

VI.1 ANTECEDENTES

VI.2 ESTADISTICAS

VI.3 AFOROS

VI.4 ANALISIS DE LA DEMANDA

VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

PAG. 156

CAPITULO I

INTRODUCCION

El nacimiento de la Aviación en México es casi simultáneo con el nacimiento de la aviación en el Mundo, ya que el primer vuelo realizado en este país lo lleva a cabo en 1910, el Sr. Alberto Braniff sobre el desaparecido campo Balbuena, tan solo siete años después del vuelo realizado por los hermanos Wright en - Carolina del Norte.

Con ello, se inicia la actividad aeronáutica y el desarrollo de una infraestructura aeroportuaria en México, misma que para efectos de análisis, podríamos dividirla en diversas etapas, en función de los crite_rios que motivaron su existencia.

El verdadero inicio del desarrollo de la aviación Civil Mexicana tuvo lugar el 15 de Abril de 1928, cuando la Compañía Mexicana de Aviación estableció la ruta México-Tuxpan-Tampico con aviones de cabina cerrada.

El 16 de Septiembre del mismo año la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas adquirió seis monoplanos Johnson para iniciar una línea aérea exclusivamente postal entre México y Nuevo Laredo, con es-

calas en San Luis Potosí, Saltillo y Monterrey. Sin embargo, su duración fue efímera.

A partir del 15 de Octubre de 1928, la Compañía Mexicana de Aviación, S.A., cuyos intereses ya habían sido adquiridos por Pan American Airways, inició el servicio entre Veracruz y Mérida, con escalas en Minatitlán, Villahermosa, Ciudad del Carmen y Campeche.

En todas estas localidades se utilizaron también los campos ya existentes, en los cuales se habían operado aeroplanos militares de las fuerzas armadas. En todos ellos, la terminal consistió en pequeñas casetas de madera para oficinas, salas de espera y servicios sanitarios, construidas por la propia Compañía de Aviación que los operaba.

Fué en 1929 cuando se estableció el primer servicio internacional entre México y Estados Unidos, con la ruta México, Tampico y Matamoros, ruta que inició la Pan American Airways, utilizando los entonces nuevos y gigantescos trimotores Ford.

Es a fines de la Década de los veinte que la Ciudad de México cuenta con su Aeropuerto, denominado Puerto Central Aéreo. Su edificio proyectado en 1929, tenía proporciones que entonces parecían gigantescas y rivalizaba con cualquier estación de las grandes ciuda

des de Estados Unidos o Europa; desgraciadamente un terremoto que tuvo lugar en la Ciudad de México fracturó totalmente el edificio y tuvo que ser demolido, por lo que los servicios se prestaron desde 1930 hasta 1939, - en una pequeña estación de madera que la Compañía Mexicana de Aviación construyó afuera de su hangar.

La pista original del Puerto Aéreo, es la misma que ahora se llama 5 izquierda. Esa pista, que actualmente sigue en uso fué construida con una base de teletote, que dió buen resultado durante muchos años, si bien ahora ha dejado de ser operante.

A principios de los sesenta, con la introducción de aviones a reacción, se vuelven inoperantes las pistas existentes, tanto por longitud, como por su diseño estructural.

Esta situación se torna crítica hacia 1964, por lo que a principios de 1965, se constituye por Decreto Presidencial la Comisión Intersecretarial de Aeropuertos, con Representantes de las Secretarías de Comunicaciones y Transportes, de las Obras Públicas, del Colegio de Pilotos Aviadores, de las Compañías Nacionales - Operadoras y con personas que posteriormente formarían parte del Organismo Público Descentralizado denominado Aeropuertos y Servicios Auxiliares, la que en un plazo

de cuatro meses rinde un Informe en un documento denominado "Plan Nacional de Aeropuertos", lo que marca el inicio de una etapa diferente en el desarrollo Aeroportuario del País, pues se contempla por primera vez en forma integral la problemática Aeroportuaria Nacional, estableciendo recomendaciones en el corto, mediano y -- largo plazos.

Es también conveniente poner de relieve que a esta etapa corresponde la institucionalización de las actividades, al crear por una parte el Organismo de Aeropuertos y Servicios Auxiliares, que tiene por objeto -- administrar, operar y conservar la red y, por otra parte a la Dirección General de Aeropuertos, dependiente de la Secretaría de Obras Públicas, con la encomienda -- específica de llevar a cabo la construcción de la in---fraestructura para el transporte aéreo en nuestro país.

En planeación aeroportuaria, al igual que en la planeación de otros sistemas de la infraestructura del transporte, se entiende por "capacidad" a la adecuación de los elementos del aeropuerto, para atender en el -- tiempo, a las necesidades de servicio planteadas por -- el usuario.

De esta manera, no es posible hablar de "capacidad", sin manejar simultáneamente el concepto de deman-

da.

En algunos casos, la capacidad depende del nivel de servicio o calidad del servicio; ésto es del grado de confort que se pretenda dar al usuario.

Por otra parte, al hablar de capacidad en planeación aeroportuaria, necesariamente debemos referirnos a la interdependencia de los diversos sistemas y subsistemas, considerando como los más importantes al espacio aéreo, al sistema de pistas y rodajes y al sistema de área terminal.

Por tanto, cualquier análisis de capacidad de aeropuertos, siempre debe tener en cuenta y estar referido a 3 elementos:

a) Volúmen de la demanda esperada y el período durante el cual se pretende satisfacerla.

b) Nivel de servicio que se pretende dar al usuario.

c) Equilibrio entre las capacidades propias de cada uno de los sistemas y subsistemas del aeropuerto.

Sobre el primer punto hay que tomar en cuenta, la importancia de contar con una metodología adecuada

que permita conocer con certeza los rangos de la demanda esperada. Sin embargo, tradicionalmente los planeadores de aeropuertos han enfrentado en este sentido enormes dificultades; todos sabemos que la predicción de la demanda requiere de muchas suposiciones, por lo que - mientras más lejano sea el horizonte, mayor será el grado de incertidumbre.

El análisis de la demanda debe expresarse en términos que sean relevantes al diseño y dimensionamiento de las instalaciones, pues, por ejemplo, dos aeropuertos con el mismo volumen de pasajeros anuales pueden tener requerimientos muy diferentes en cuanto a áreas de edificios o posiciones de plataforma, si sus horas pico, o si la composición de la flota de aeronaves que en ellos operan, varían en forma significativa.

Por estas razones, al evaluar la capacidad de un aeropuerto, el planeador debe utilizar pronósticos a corto o mediano plazo que le permitan tener la certeza de que sus consideraciones están sólidamente apoyadas en elementos conocidos.

En cuanto al nivel de calidad de servicio se puede decir que algunos elementos en el sistema pueden operar con diversas normas de calidad, sin embargo otros elementos no aceptan ninguna degradación en sus normas,

a riesgo de poner en peligro la seguridad del usuario, - lo cual a todas luces, es inaceptable; estos elementos - se encuentran principalmente en el área aeronáutica y - para su diseño se deben adoptar, como mínimo, las normas establecidas por la OACI.

El tercer elemento señalado, relacionado con el - equilibrio entre los diversos sistemas y subsistemas del aeropuerto, constituye uno de los puntos más interesan-- tes en materia de capacidad, puesto que algunas instala-- ciones tienen una capacidad dada, en otras instalaciones su capacidad dependerá de su adecuado dimensionamiento. Por ejemplo, una pista tendrá básicamente las mismas ca-- racterísticas para el mismo tipo de aeronave, así se pre-- sente una operación a la semana o 20 operaciones por ho-- ra, en cambio el sistema de rodajes, plataformas, edifi-- cios terminales, estacionamientos y zonas de almacena--- miento de combustible pueden dimensionarse de acuerdo -- con la demanda esperada en cada uno de ellos.

En México existen dos tipos básicos de aeropuer-- tos:

Por una parte, aeropistas para operadores regiona les, que utilizan aeronaves monomotoras o bimotoras de - hélice, con una capacidad muy reducida de asientos y que requieren de instalaciones muy sencillas.

Por otra parte, aeropuertos para servicio comercial regular que deben atender por razones de economía, a la demanda de aviación general en la zona.

Para estos últimos aeropuertos se realizan estimaciones de volúmenes de actividad en los plazos corto, medio y largo. Las estimaciones a largo plazo son utilizadas para determinar fundamentalmente las previsiones que deben hacerse por cuanto a disponibilidad de terrenos. Las estimaciones a corto y mediano plazos se utilizan para el dimensionamiento y diseño de las instalaciones.

CAPITULO II

GENERALIDADES SOBRE AEROPUERTOS

II.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN AEROPUERTO

II.1.1 Definición de Aeropuerto

Un Aeropuerto es el conjunto de elementos que - hacen posible la unión entre dos sistemas de transporte: aéreo y terrestre.

Los elementos mencionados son:

- . Espacios Aéreos
- . Pistas
- . Calles de Rodaje
- . Plataformas
- . Zona Terminal
- . Zona Almacenamiento de Combustibles
- . Accesos
- . Estacionamiento de Automóviles

II.1.2 Espacios Aéreos

Un espacio aéreo es el lugar geométrico imaginario, libre de obstáculos, diseñado para proteger la - aproximación, el despegue y la aproximación fallida.

Se llama aproximación, a las maniobras que el piloto realiza en el lapso existente entre el abandono del plan de vuelo y el principio del aterrizaje.

Existen dos tipos de aproximación:

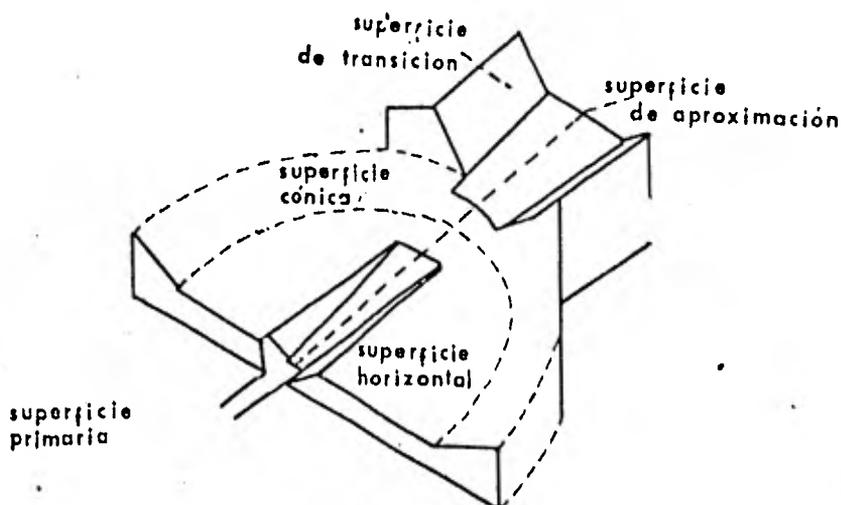
- . Aproximación circulando
- . Aproximación directa

La aproximación circulando sólo será factible -- cuando se tenga visibilidad aceptable, a diferencia de la directa, la cual se podrá realizar también con ayuda de - instrumentos.

Se llama despegue, a las operaciones que el piloto hace desde el comienzo de la carrera del avión hasta - que éste toma cierta altura y pide permiso para seguir su plan de vuelo.

Se llama aproximación fallida, cuando el avión - se ve obligado a abandonar el aterrizaje debido a que existen condiciones inferiores a los mínimos meteorológicos - del Aeropuerto o bajo circunstancias de exceso de tránsito en pistas.

Para fines de planeación, los espacios aéreos -- están definidos principalmente por las siguientes superficies:



1. Superficie Primaria: Es una superficie longitudinal que se continúa hacia los lados y en las cabecezas de la pista.

2. Superficie Horizontal. Es un plano horizontal que se genera a una altura especificada sobre el nivel establecido del Aeropuerto.

La forma y el perímetro del plano depende de las diferentes especificaciones existentes.

3. Superficie Cónica: Es un plano que se extiende hacia arriba y afuera del perímetro de la superficie horizontal, con una pendiente especificada y hasta una -

determinada distancia horizontal.

4. Superficie de Aproximación: Es un plano trapezoidal colocado en las cabeceras de la superficie primaria, extendida hacia arriba y afuera. Cumpliendo de--terminados requisitos de longitud y pendiente.

5. Superficie de Transición: Es la que se forma a partir de los límites laterales de la superficie de aproximación hacia arriba y hacia afuera.

II.1.3 Pistas

Es una superficie apoyada en el terreno que se utiliza para realizar las maniobras de aterrizaje y despegue.

La configuración de un Aeropuerto está definida por la orientación, número de pistas y la localiza--ción de la terminal aérea con respecto a las mismas.

El número de pistas está determinado por la demanda y por la dirección de vientos. Su orientación por la dirección del viento y por el estudio de espacios - aéreos.

A continuación mencionaremos algunos de los principales tipos de configuraciones de pistas.

1. Pista única: La cual resulta ser la más simple de las configuraciones.

2. Pistas paralelas: Esta configuración aumenta la capacidad del Aeropuerto siempre y cuando se cumpla la especificación de separación, para que las pistas trabajen independientes. Existen en algunos casos paralelismo de 3 y 4 pistas. Para este tipo de configuración es necesario una gran extensión de terreno.

3. Pistas cruzadas: Este tipo de configuración se usa cuando existen condiciones de vientos que nos obliguen a tener las pistas orientadas en diferentes direcciones.

4. Pistas convergentes: Estas son las que tienen forma de "V" abierta. Cuando existe viento excesivamente fuerte en una dirección se utiliza sólo una de las pistas.

Las partes más importantes de una pista son:

a) Pavimento Estructural: Es la parte de la pista que soporta el peso de la aeronave (franja central).

b) Acotamientos: Son zonas adyacentes al pavimento estructural que sirven para proteger al pavimento de la erosión y ráfaga del avión, así como para la circulación del equipo de mantenimiento.

c) Franja de Seguridad: Esta zona incluye la pista, acotamientos y una franja limpia, drenada y graduada, debiendo tener capacidad para poder soportar el peso del avión en cualquier circunstancia.

d) Zona de Protección: Esta zona tiene las mismas funciones que el acotamiento, además de proteger al terreno natural contra la erosión eólica en el momento del arranque de la aeronave. Esta zona no existe en todos los Aeropuertos.

II.1.4 Calles de Rodaje

Son aquellas que están diseñadas para lograr la unión y permitir el tránsito terrestre entre pista y plataforma.

Existen dos tipos de calles de rodaje:

- a) Calles de rodaje de entrada a la pista
- b) Calles de rodaje de salida de la pista

Para Aeropuertos con mucho tránsito de aeronaves, las calles de rodaje permitirán la entrada y salida de las pistas con mayor rapidez y conseguir de esta manera incrementar la capacidad de las mismas. Por lo cual, la calle de rodaje será paralela a la pista y deberá buscarse la menor longitud entre la zona terminal y las cabecezas de la pista.

En Aeropuertos de bajo tránsito, las calles de rodaje de entrada y salida pueden ser las mismas. Un buen estudio de calles de rodaje nos puede garantizar un ahorro importante en el costo del Aeropuerto.

II.1.5 Plataformas

Son espacios destinados a alojar a las aeronaves y las operaciones que en ella pueden realizarse son:

- . Embarque y desembarque de pasajeros y/o carga.
- . Pernocta.
- . Mantenimiento.

Existen plataformas para aviación comercial y para - aviación general.

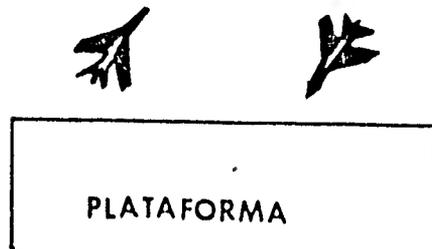
El espacio de ocupación de una aeronave en platafor- ma varía de 9,000 M² a 15,000 M² o más dependiendo del ti po de estacionamiento y del tipo de aeronave.

Formas de estacionamiento de los aviones:

1. Posición en Paralelo: El avión entra y sale por - sus propios motores, pero ocupa mucho espacio.



2. En Angulo: Es necesario utilizar un tractor como auxilio para entrar y/o salir, pero ocupa menos espacio.

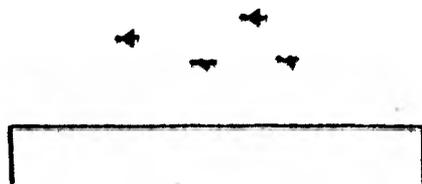


3. Con nariz hacia afuera o hacia adentro: Como el anterior, necesita de auxilio para entrar y/o salir y - ocupa menor espacio.

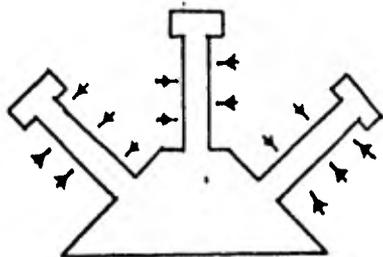


Tipos de Plataformas:

1. Plataforma abierta: es la más incómoda para los pa sajeros, siendo la más flexible y barata.

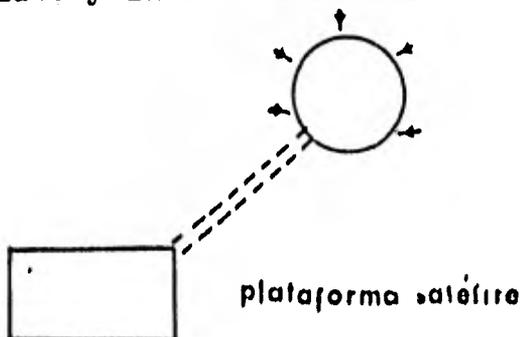


2. Plataforma en forma de dedos: Sin ampliar el edificio incrementamos perímetro de estacionamiento, pero la distancia que recorre el pasajero se incrementa..

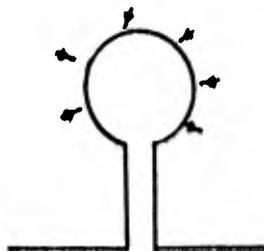


Plataforma en forma de dedos

3. Plataforma Satélite: La comunicación del edificio terminal y el satélite generalmente es subterránea, también se logra con camiones. Permitiendo tránsito de aeronaves entre el satélite y la zona terminal.



4. Plataforma Satélite con dedo: Esta es la que tiene una mayor capacidad, pero también el pasajero recorre -- una distancia larga.



Plataforma satélite
coñ dedo

II.1.6 Zona Terminal

Este sistema del Aeropuerto tiene gran importancia, ya que es la conexión entre los dos medios de transporte y es donde se pueden obtener mayores ingresos sin afectar las condiciones de operación de las aeronaves.

Los servicios que deben existir en la zona terminal son:

1. Conexión entre el camino de acceso y edificio terminal.

. Zona de llegada y partida de pasajeros por vías terrestres, así como carga y descarga de equipaje.

. Adecuada comunicación entre los estacionamientos y el edificio.

. Facilidad de transporte colectivo de pasajeros tales como autobuses y camionetas.

2. Servicios Internos.

. Espacio para circulación de pasajeros,

. Recepción de documentos y equipaje.

. Control de actividades tales como: Inmigración, --
Aduanas, Seguridad y Sanidad.

. Entrega de documentos y equipaje.

. Tableros para información de vuelos.

. Sanitarios y teléfonos.

- . Facilidades para visitantes como Salas de Espera, Observatorios, etc.

- . Restaurantes, Bares, etc.

- . Bancos, Correos, Telégrafos.

- . Renta de coches, Seguros y Servicio de reserva---ción de hoteles.

- . Casilleros, Guarderías, Primeros Auxilios y Concesiones Auxiliares.

3. Servicios para pasajeros en espera de abordaje.

- . Salas de espera particulares para cada vuelo.

- . Facilidad de transporte de pasajeros como bandas eléctricas, camiones, salas de espera móviles, etc.

- . Facilidad de abordaje tales como escaleras, puentes de nariz, escaleras eléctricas, etc.

- . Facilidad de traslado para pasajeros en tránsito.

Cabe mencionar que en el Aeropuerto, pueden existir un gran número de servicios, mientras exista mercado.

Clasificación de Zonas Terminales por su distribución de - Servicios.

1. Centralizada: Existen todos los servicios en un sólo edificio.

2. Descentralizada: Son varios edificios con duplicidad de servicios.

3. Combinación Centralizada y Descentralizada: En ésta cada línea aérea tiene su edificio existiendo uno con todos los servicios.

4. Semidescentralizada: Existen varios edificios conectados entre sí.

II.1.7 Zona de Almacenamiento de Combustibles

En virtud del acelerado desarrollo que la aeronáutica ha tenido en los últimos años, ha obligado a las instalaciones en tierra a una constante adaptación a las necesidades cada vez mayores de las aeronaves.

De esta constante adaptación no escapa la zona de almacenamiento de combustibles, la cual debe de seguir un proceso que mencionaremos a continuación para su ubicación y buen funcionamiento.

Para la localización de la zona de almacenamiento - en el nuevo Aeropuerto o en el Aeropuerto que se vaya a modificar, se deben tener en cuenta los siguientes factores, que servirán principalmente para determinar su ubicación:

- a) Forma en que se realiza el abastecimiento.
- b) Análisis del plan maestro del Aeropuerto.
- c) Volúmen y tipo de combustibles que se necesitan servir.

La manera en que se realiza el abastecimiento puede ser:

1. Por medio de un oleoducto, desde un centro productor o de un puerto de desembarque.

2. Por medio del ferrocarril en carros tanque.

3. Por medio de carretera, en camiones cisterna o en camiones por tambo.

La selección adecuada del sistema que abastecerá la zona de almacenamiento, la determinará un estudio económico - en el cual intervendrán como parámetros principales el costo de las instalaciones y los volúmenes de combustible servidos. Este análisis servirá para obtener un costo por litro de combustible servido. Evidentemente que la mejor solución será aquella que represente un mejor costo por litro servido.

Una vez que se ha analizado la forma del abastecimiento a la zona de almacenamiento, el siguiente paso es el estudio del plan maestro, lo cual servirá para elegir una o varias zonas posibles para el almacenamiento. Estas zonas deberán cumplir con ciertos factores de seguridad.

Teniendo elegido el sistema y después de haber localizado su ubicación, se pasa a realizar un estudio económico, en el cual intervendrán el costo de las instalaciones - que vaya a ser necesario hacer para tener acceso a la zona, tales como: camino, costo del oleoducto, tendido de vía, etc.

La zona que deberá elegirse de las posibles soluciones es aquella en que resulte más económico el costo de las instalaciones y además cumpla con los factores de seguridad mínimos requeridos.

Los factores de seguridad mínimos requeridos para este tipo de instalaciones, son aquellos en que en caso de un accidente como puede ser una explosión, el incendio de un tanque de almacenamiento, etc., no vayan a causar daño a ninguna otra instalación del Aeropuerto.

II.1.8 Accesos

Es de considerable importancia para el buen funcionamiento de un Aeropuerto, que los caminos de acceso tengan la capacidad necesaria para que el tiempo de tránsito de las personas desde su lugar de origen hasta la terminal aérea sea lo más reducido posible.

Con el desarrollo de aeronaves más veloces, el tiempo de permanencia en el aire es cada vez menor y en consecuencia la relación del tiempo de acceso al Aeropuerto contra el tiempo de permanencia en vuelo es cada vez mayor. Este hecho nos demuestra la importancia de que el Aeropuerto se encuentre lo mejor comunicado posible.

El medio de transporte más utilizado es el automóvil, ya que resulta ser el más cómodo y eficiente para el usuario, sin embargo es el medio de transporte más caro. En algunos países se ha logrado reducir el uso del automóvil por medio de sistemas de transporte masivos eficientes.

Actualmente existen algunas ciudades en donde un tren

conecta el Aeropuerto con el centro de la ciudad. Este tipo de solución se ha empezado a utilizar, aunque presenta el inconveniente del costo, el cual es muy elevado y hace que el tren no sea económicamente justificable cuando éste es del uso exclusivo del Aeropuerto, no así cuando el Aeropuerto es una estación más en alguna línea existente.

CAPITULO III

SISTEMAS DE UN AEROPUERTO

III.1 SISTEMA AEREO, FORMADO POR LOS ESPACIOS AEREOS Y LAS FACILIDADES DE NAVEGACION

El estudio que tenga que realizarse de los espacios aéreos, deberá de estar apoyado en las especificaciones - existentes. Este estudio deberá de llevarse a cabo en ambos extremos de la pista, con el fin de poder garantizar la fac tibilidad de cualquiera de las maniobras en los dos senti-- dos de la pista.

Para la regulación de espacios aéreos, existen algunas especificaciones tales como las que dictan el "Terminal Instrument Procedures" (TERPS) y el anexo 14 de la "Organización de Aviación Civil Internacional" (OACI).

Cabe aclarar que si un objeto se encuentra dentro de las superficies definidas, éstos serán considerados como - obstáculos para la navegación aérea.

Debe preverse en la localización del Aeropuerto cual quier obstáculo dentro de los espacios aéreos, ya que éstos desempeñan un papel importante para la definición de dicha localización.

A continuación y a manera de ejemplo, se mencionan - las principales especificaciones que dicta la OACI para es pacios aéreos.

Estas especificaciones se basan en las longitudes bá

sicas de pista, que son longitudes en condiciones ideales:
a nivel del mar, con temperatura de 15°C y viento en calma.

<u>CLAVE</u>	<u>LONGITUD DE PISTA BASICA</u>
A	$L \geq 2,135 \text{ m}$
B	$1,525 \leq L < 2,135 \text{ m}$
C	$915 \leq L < 1,525 \text{ m}$
D	$765 \leq L < 915 \text{ m}$
E	$610 \leq L < 765 \text{ m}$

Tabla 1

a) Superficie Primaria (para pistas pavimentadas). Ver
Tabla y Figura No. 2.

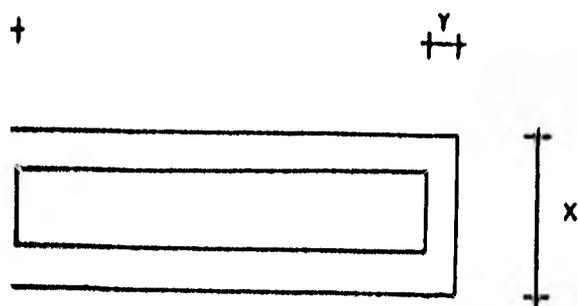


Fig. 2

TIPO PISTA	X (m)	Y (m)	Δ
A ⁺	305	60	1:7
A	150	60	1:7
B ⁺	305	60	1:7
B	150	60	1:7
C ⁺	305	60	1:7
C	150	60	1:7
D ⁺	305	60	1:5
D	80	60	1:5
E	60	60	1:5



+ = Pista con instrumentos
de precisión.

Tabla 2

b) Superficie Horizontal

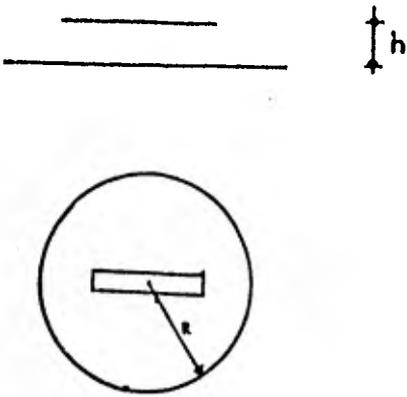


Fig 3

TIPO PISTA	R (m)	h (m)
A	3965	45
B	3965	45
C	3965	45
D	2530	45
E	1980	45

Tabla 3

c) Superficie Cónica

TIPO PISTA	H (m)	Δ
A	2135	1:20
B	2135	1:20
C	1525	1:20
D	1095	1:20
E	700	1:20

Tabla 4

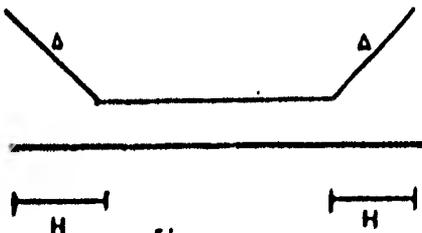


Fig.4

d) Superficie de Aproximación

Aterrizaje:

CONCEPTO	APROXIMACION INSTRUMENTOS		OTRAS APROXIMACIONES		
	A-B-C	A-B	C	D	E
Ancho					
Borde Interior	305	150	150	75	60
Ancho					
Borde Exterior	4875	760	760	585	380
Longitud	15240	3050	3050	2530	1585
Pendiente en los lros. 300 m.	1:50	1:40	1:30	1:25	1:20
Pendiente después de los 3000 m.	1:40	1:40	1:30	1:25	1:20

Tabla 5

Despegue:

CONCEPTO	A-B-C	D	E
Ancho			
Borde Interior	185	80	60
Ancho			
Borde Exterior	1220	580	380
Longitud	15240	2530	1585
Pendiente	1:50	1:25	1:20

Tabla 6

e) Superficie de Transición: La pendiente para toda la gama de pistas es de 1:7.

III.2 SISTEMA FORMADO POR PISTAS, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS.

Para el análisis y cálculo de longitudes de pista, - podemos considerar ciertos factores que pueden agruparse - dentro de las siguientes categorías:

- . En función de las características de las aeronaves.

- . En función de las condiciones meteorológicas del Aeropuerto.

Antes de definir lo que se entiende por pista balan ceada, estudiemos la siguiente nomenclatura:

V_0 = Velocidad = 0 km/hr.

V_1 = Velocidad crítica o de decisión: Es aquella que alcanza el avión en el momento en que si falla un motor, pueda el piloto decidir si se eleva o aborta el despegue.

V_2 = Velocidad de rotación: es la necesaria para que el avión pueda levantar la nariz e in- crementar el ángulo de ataque.

LD = Longitud de despegue: Es aquella longitud - en la que el avión, habiendo despegado, to- ma una altura de 10.50 m para aviones de - turbina, o 15 m para aviones de pistón (h).

LAP = Longitud de aceleración-parada: Es la longi tud de pista necesaria para que si el avión tiene que abortar el despegue, pueda enfren- nar.

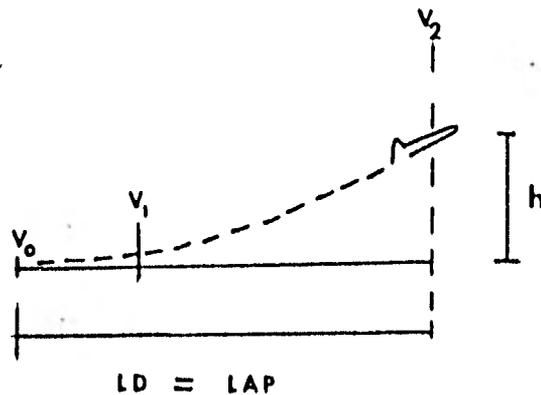
Pista balanceada: Es aquella cuya longitud de despegue (LD), es igual a la longitud de aceleración-parada.

En el diseño de la longitud de pista, ésta siempre se considera balanceada.

Pista Balanceada

$$LD = LAP$$

$$V_1 = 100 \text{ Km/hr.}$$



Para diseñar la longitud de despegue (LD), existen varios criterios, los más importantes son:

a) Según criterio de OACI. En donde se toman en cuenta correcciones a una pista ideal que se denomina pista básica. La longitud de esta pista es aquella que un avión requiere para despegar con su peso máximo en una atmósfera cuya condición de temperatura sea de 15°C y una presión de 1013.25 milibares, a nivel del mar.

Estas correcciones son por altitud, temperatura y pendiente de la pista.

Corrección por altitud: se considera un aumento a la longitud de pista básica de un 7% por cada 300 m. de altura sobre el nivel del mar.

Corrección por temperatura: se aumenta en un 1% por cada 0C que la temperatura de referencia exceda de 150C,- a la longitud anteriormente corregida por la altitud.

La temperatura de referencia antes mencionada se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Temperatura de referencia} = T_1 + \frac{T_2 - T_1}{3}$$

T_1 = Temperaturas medias diarias del mes más caluroso.

T_2 = Temperatura media mensual de las máximas del mismo mes.

Corrección por pendiente: se aumenta en un 10% la longitud de pista, corregida por temperatura, por cada 1% que exceda del 1% de pendiente.

Este criterio es válido si la longitud de pista ya corregida no sobrepasa en más del 35% a la longitud de pista básica.

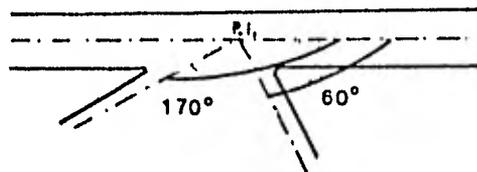
b) Según Manuales de Vuelo: usando para el cálculo de la longitud de despegue, el manual de operación del avión más desfavorable de diseño.

Calles de Rodaje

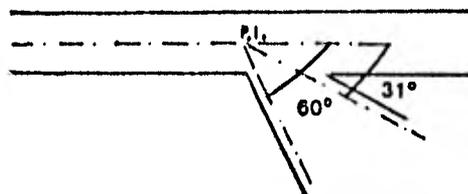
La construcción de calles de rodaje es un factor importante en un Aeropuerto, ya que éstas ofrecen mayor capacidad a la pista.

En cuanto al ángulo que forman con respecto a la pista, las calles de rodaje se pueden clasificar en:

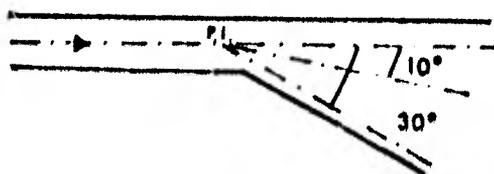
a) Angulo Recto: la aeronave deberá llegar al punto de la curva con $V=0$.



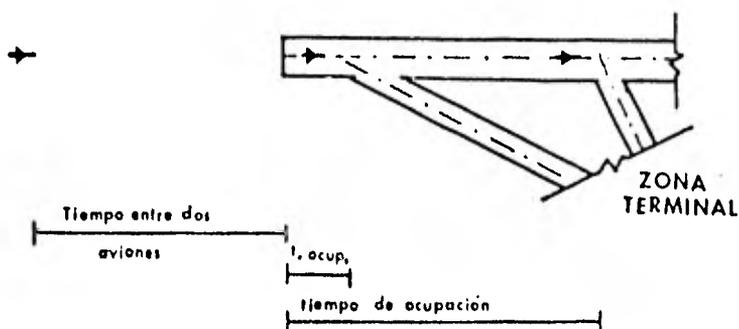
b) Angulo: el avión deberá llegar al punto de inflexión de la $V=30-40$ MPH.



c) Alta velocidad: llegando al punto de inflexión de la curva con $V=60$ MPH.



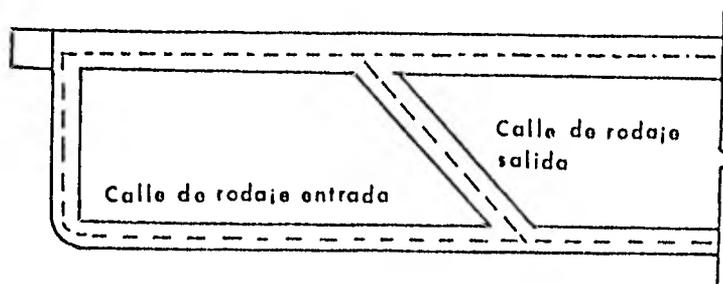
Para definir el número de calles de rodaje necesario, - tendremos que analizar el tránsito de aeronaves y el tiempo promedio de ocupación de la pista entre 2 aviones, de tal manera que en Aeropuertos de gran capacidad tendremos una combinación de tipos de calles de rodaje.



En resumen, los factores más importantes que afectan - al diseño y operación de las calles de rodaje son:

1. Número de salidas.
2. Velocidad de salida.
3. Tipo de avión, considerando:
 - . Frecuencia de llegadas.
 - . Probabilidad de retardos.
4. Meteorología y Espacios Aéreos.
5. Variabilidad del piloto.
6. Condiciones de tránsito aéreo.

En cuanto a la longitud de la calle de rodaje, podemos decir que debe ser suficiente para que el avión llegue a las plataformas o a las calles de rodaje paralelas con $V=0$.



Sólo en Aeropuertos con mucho tránsito se justifica la construcción de calles de rodaje, tanto de entrada como de salida; dependiendo de un estudio de tipo económico y comparando incremento de capacidad contra demanda.

De otra manera se podrán utilizar las calles de rodaje en ambos sentidos.

III.3 SISTEMA FORMADO POR EDIFICIO TERMINAL, TORRE DE CONTROL Y EDIFICIOS PARA OFICINAS Y SERVICIOS.

El sistema del edificio terminal es el que brinda más facilidades para uso público dentro del Aeropuerto. Incluye el manejo de pasajeros y equipaje así como las operaciones de administración del Aeropuerto y las propias de las aerolíneas.

Es importante notar la existencia de diferentes usuarios en el Aeropuerto, pasajeros, visitantes, empleados y concesionarios para el buen desarrollo del criterio de diseño.

Como consecuencia de lo anterior, existen diferentes objetivos de diseño según el tipo de usuario.

Por ejemplo, para el diseño de la terminal de pasajeros los objetivos relativos al pasajero son:

1. Minimizar el retraso en el procesamiento del boleta je y del equipaje.
2. Minimizar las distancias por caminar.
3. Brindar protección contra los elementos naturales.

Ahora desde el punto de vista de los empleados de aerolíneas son:

1. Minimizar el costo de procesamiento por pasajero.
2. Obtener la máxima capacidad por peso invertido.
3. Minimizar el retraso de pasajeros y de las operaciones de las aeronaves.

El diseñador debe considerar la combinación de estos objetivos en el desarrollo del criterio de diseño de la zona terminal.

El criterio de diseño se lleva a cabo en dos etapas:

La primera es general, en donde se evalúan los diseños preliminares, tomando en cuenta los diferentes objetivos, según el usuario de que se trate y seleccionar las diferen-

tes alternativas; la segunda etapa, es en sí el diseño detallado de los conceptos específicos y desarrollar conceptos seleccionados en el análisis preliminar.

El criterio de evaluación, está basado fundamentalmente en la experiencia y por otro lado, en el estudio de los sistemas existentes sin requerir de mucho análisis.

Ahora, tomando en cuenta el diseño específico de cada uno de los conceptos, es necesario el uso de técnicas analíticas para su generación.

Los conceptos de evaluación más importantes, en general para el diseño de la terminal de pasajeros son:

1. Habilidad para manejar la demanda esperada.
2. Compatibilidad de la demanda esperada con equipo - de vuelo (avión) esperado.
3. Flexibilidad para crecer y responder a posibles - cambios en la tecnología.
4. Compatibilidad con el terreno adquirido y los accesos proyectados.
5. Compatibilidad con el desarrollo del plan maestro.
6. Capacidad para observar retrasos.
7. facilidades económicas y financieras.

Los diseños específicos de la segunda etapa del diseño de la terminal de pasajeros son:

1. Costo de procesamiento por pasajero.
2. Distancias por caminar de diferentes tipos de usuarios.
3. Retraso de pasajeros en el procesamiento y sus consecuencias.
4. Niveles de ocupación tanto en las salas de espera (estáticas) como en los corredores (dinámicos).
5. Retraso en las maniobras de los aviones y su costo,
6. Costo de construcción.
7. Costos de operación y mantenimiento.
8. Ingresos potenciales (concesiones, estacionamiento, etc).

Los conceptos anteriores, deben ser usados para elaborar las medidas de evaluación de cualquier alternativa de diseño particular.

Debe existir un diseño detallado de cada uno de los -- conceptos para lograr su perfecta evaluación con cualquiera de las técnicas analíticas.

III.4 SISTEMA FORMADO POR VIAS DE ACCESO Y ESTACIONAMIENTO.

Quando se piensa en una solución para resolver el - acceso al Aeropuerto, resulta un problema bastante complicado. Esta complicación será creada a partir de que el camino de acceso es un subsistema de las demás actividades -

de la sociedad urbana.

Existen varios factores que están en contra de una solución fácil, siendo los más importantes:

1. La diversidad que existe en los orígenes de los pasajeros.

2. El problema del acceso al Aeropuerto no puede considerarse sin tomar en cuenta los demás problemas de la localidad.

Otra desventaja es el hecho de que generalmente las horas críticas del Aeropuerto checan con las de la ciudad.

Cuando se ha pensado en varias soluciones para resolver el acceso del Aeropuerto, resulta muy importante el análisis económico que de los proyectos se tenga que hacer y establecer de antemano si son recuperables o si tendrán que ser subsidiados.

Dentro del análisis también hay que tomar en cuenta el tiempo de acceso, el cual es mucha significación para los vuelos cortos y en los largos empieza a tomarse en cuenta.

Un vuelo entre Chicago y Los Angeles (2,810 km por aire y 74 km en tierra), toma de tiempo 475 minutos, de los cuales 250 son en el aire y 225 son en tierra.

De lo anterior se obtiene una relación:

Tiempo de acceso/Tiempo en el aire = 0.9

Resulta indudable que el camino de acceso empieza a - resultar una verdadera complicación en cualquier actividad.

Para el estudio que se haga de la solución del acceso al Aeropuerto, es importante establecer de antemano los si guientes objetivos:

1. El acceso al Aeropuerto debe de estar de acuerdo a satisfacer completamente la demanda del aire.

2. Deben de establecerse de antemano los efectos que la inversión tendrá.

3. La solución no debe ser tomada hasta conocer efectivamente los requerimientos existentes.

4. Las necesidades son las que deben de establecer la calidad del servicio; cantidad/tiempo.

5. Ver y analizar el tipo de solución usada que mejor convenga y el que mejor se apega a los intereses de la so ciedad.

A partir del análisis anterior, se presentan varias - interrogantes:

El poder conocer cuál de los sistemas de transporte, - resultará el mejor y más eficiente.

Poder determinar de qué manera se verán afectados -- otros problemas sociales con la solución adoptada.

Para lograr contestar estas preguntas es importante - medir la calidad y cantidad de la transportación.

Ahora bien, no hay que olvidar que uno de los objetivos principales de la transportación es el de acortar distancias, bien pueda ser en términos de tiempo y costo o a través del confort y seguridad.

De lo anterior, definimos el nivel de servicio, el - cual nos va a servir para poder definir los efectos que - la transportación acarree, más no las causas de esos problemas.

Es importante antes de tomar una solución sobre el - sistema a emplear, el pensar que éste realmente acorte las distancias, abarate los costos, brinde seguridad y confort, con lo cual podremos esperar efectos económicos verdaderos y una mejor eficiencia en el acceso al Aeropuerto.

El estacionamiento para vehículos es primordial en el diseño de un aeropuerto, esto se debe al gran crecimiento del uso del automóvil particular en estos últimos años.

Existen varios estacionamientos en los aeropuertos - debido al tipo de usuario del mismo, esto es pasajeros, -- visitantes, espectadores, empleados y gente que tiene relaciones de trabajo con el aeropuerto.

Como regla general un cajón para un automóvil debe de ser de 2.6 m. de ancho por 5.5 m de largo, dejándose pasillos de aproximadamente 8.9 m. para un fácil movimiento.

Existen varias formas para la colocación de los automóviles en el estacionamiento:

- . Con ángulo de 90°
- . Con ángulo de 30°

Generalmente se construyen con cajones con lugares a 90°, tomando como base que esta colocación permite un cupo mayor de automóviles.

III.5 SISTEMAS COMPLEMENTARIOS DE INSTALACIONES REPRESENTADOS POR LOS SUMINISTROS DE ENERGIA ELECTRICA Y - AGUA, ASI COMO POR LA ALIMENTACION, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLES.

En atención a las demandas de combustible en un - Aeropuerto, se requerirán instalaciones para almacenarlo y distribuirlo a las aeronaves.

Para la distribución del combustible en platafor--mas, existen 3 formas de realizarlo:

- a) Por medio de camiones alimentadores.
- b) Sistema de distribución Bausser.
- c) A base de tomas de combustible (hidrantes), con líneas de suministro subterráneo.

a) Camiones alimentadores

Resulta ser el más flexible, ya que podemos cargar a la aeronave en cualquier lugar.

Es necesario tener el número de vehículos apropiado a las posibilidades y demandas.

Los vehículos son de dimensiones considerables y - por ello necesitamos zonas de estacionamientos y pavimentación adecuada para el tránsito de los mismos.

b) Sistema de distribución Bausser

En este caso se tendrán tuberías subterráneas desde la zona de almacenamiento de combustible hasta una serie de tomas ubicadas en la orilla de las plataformas. Cada toma estará alojada en una caja dentro del pavimento y estará acompañada de un medidor, manguera y filtro.

El combustible es impulsado por una bomba localizada en las áreas de almacenamiento y las tomas están colocadas en una posición conveniente.

Una desventaja importante es que existiendo alguna remodelación en el Aeropuerto, se tendrán que modificar las posiciones de las tomas, incluyendo un incremento en el mantenimiento.

El diseño de las mangueras y el equipo, están en función de la capacidad del avión, siendo éste más grande que incrementará, sin exceder especificaciones de seguridad.

c) A base de tomas de combustible (hidrantes), con líneas de suministro subterráneo.

Este sistema consta de una línea subterránea que pasa por debajo de la plataforma, terminando en registros que alojan a las tomas. En este caso se usan camiones pequeños pero solo para la extracción del combustible.

El medidor y la manguera estarán en los camiones de tal forma que la cantidad del equipo se reduce, así como el man

tenimiento de las tomas.

Este sistema se ha popularizado enormemente por el su ministro mayor de combustible en menor tiempo.

Como consecuencia resulta tener una flexibilidad intermedia de los casos anteriores y una menor conservación de vehículos en plataforma del primer sistema.

CAPITULO IV

CAPACIDAD DE LOS SISTEMAS

IV.1 GENERALIDADES

IV.1.1 El Aeropuerto Internacional de la Ciudad -
de México.

a) Situación

El Aeropuerto actual está situado al Este de la Ciudad de México, en contacto inmediato al Norte, Sur y Oeste con zonas de urbanización muy densas, como lo son las siguientes colonias: Cuchilla del Tesoro, San Juan Aragón, Moctezuma, Aviación Civil, Caracol y Arenal.

El Aeropuerto está comunicado directamente por el -
Boulevard Puerto Aéreo.

La estación de metro más próxima corresponde a la línea # 5 y es la estación Puerto Aéreo inaugurada recientemente.

b) Superficie

La superficie total ocupada por el Aeropuerto es --
aproximadamente de 720 has.

c) Altitud

El Aeropuerto está situado a una altitud de 7341 ft.
o sea 2240 metros sobre el nivel del mar.

d) Temperatura

La temperatura media registrada por RAMSA (actualmente SENEAM) durante los años de 1975 y 1976 fué de 16.2° C.

El promedio máximo que se encontró fué en el mes de - Abril de 1975 y ascendió a 28° C.

e) Configuración del Aeropuerto

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México - está constituido por dos pistas paralelas separadas 300 m, de centro a centro, siendo la dirección principal de aterrizajes por el noreste.

La orientación de las pistas es 23-05, siendo la pista 23 izquierda -05 derecha la utilizada para tráfico denso. Esta pista cuenta con 3900 m de longitud por 45 m. de ancho; la pista 23 derecha -05 izquierda paralela y secundaria, tiene algunas restricciones, estando muy cercana a la plataforma de operaciones siendo más corta y angosta -- (3100 x 40 m), con obstáculos importantes en la zona de - aproximación a la cabecera 05 izquierda.

Existe una pista con orientación 13-31 para vientos - cruzados de 2300 m de longitud y 40 m de ancho, la demanda de esta pista es muy escasa y temporal, podríamos decir que prácticamente no se utiliza.

La pista 23D-05I está servida por una calle de rodaje Alfa (A) paralela a esta por el lado de la plataforma de - aviación comercial y parte de esta plataforma hasta el um-

bral de la cabecera 23D. Existen calles de rodaje de salida que conectan la calle de rodaje (A) con la pista 23D-05I - siendo su localización la siguiente:

A partir del umbral de la cabecera 05I, localizamos el rodaje "K" a 260 m, el rodaje "D" a 710 m, rodaje "C" a 840 m, rodaje "B" a 1320 m, pista 13-31 a 1960 m y rodaje "L" a 3100 m.

Todas estas salidas forman un ángulo de 90° aproximadamente, lo que las hace poco adecuadas para el aeronave que abandona la pista ya que tiene que hacer un alto total para efectuar el viraje.

Existe también una salida en el umbral noreste de la pista 23D-05I que conecta con el umbral de la cabecera 23I.

La pista 05D-23I está servida por las siguientes calles de rodaje:

Rodaje "K" a 180 m, rodaje "O" a 680 m, "B" a 1420 m, pista 13-31 a 1950 m y rodaje "A" a 3385 m. Esta localización es a partir del umbral de la cabecera 05D, el rodaje "N" que se localiza a 2475 m de la cabecera 23I.

A la pista 13-31 llegan las siguientes calles de rodaje:

"A" a 120 m, "M" a 920 m, "B" a 1660 m, todas estas distancias a partir del umbral de la cabecera 13. Ambos extremos de esta pista requieren que el aeronave efectúe un viraje a 180° ya que ambos umbrales no cuentan con calles de retorno.

Existe una extensión anterior al umbral de la cabecera 05D en 240 m que sirve como zona de parada a la 23I. Esta extensión de pista fue creada para tener una mayor zona libre a los umbrales en la parte de seguridad antes del desplazamiento de los umbrales.

Por razones de seguridad y abatimiento del ruido la programación en el uso de pistas se efectúa de la siguiente manera: para día y noche despegues por pistas 05D y 05I, aterrizajes por pistas 23D y 23I.

Unicamente la pista 23I cuenta con luces de alta intensidad aunque parece ser que existe un proyecto actualmente para equipar la pista 05D.

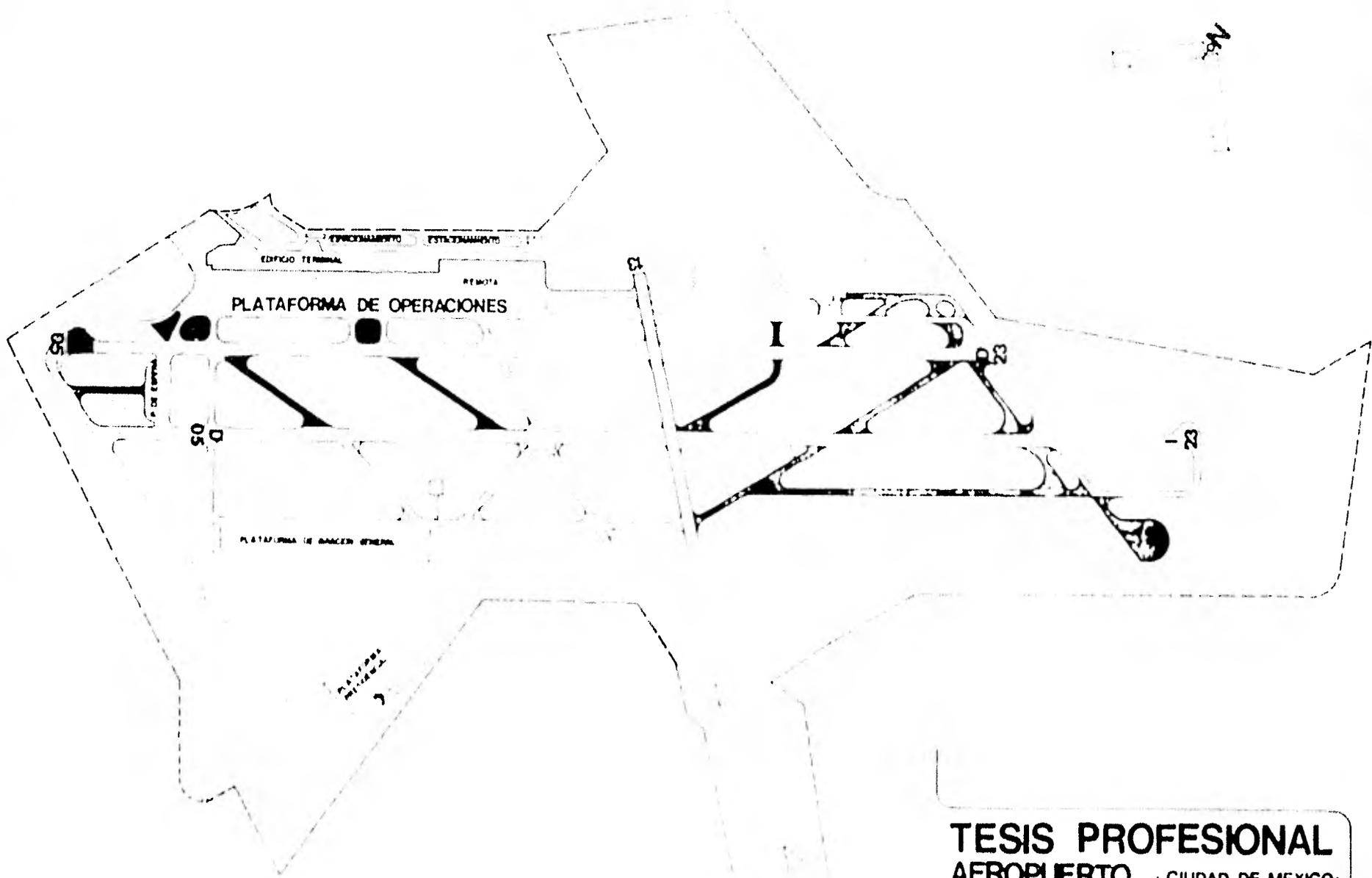
Ayudas a la Navegación Aérea.

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México cuenta con las siguientes ayudas a la navegación aérea.

Un VOR que es un radiofaro omnidireccional, localizado al noreste de la pista 13-31 entre las pistas 5I-23D y 5D-23I, un Cono de Vientos (Indicador de la dirección del Viento) próximo a la cabecera 23I y al noreste de la misma.

Al noreste de la cabecera 23I se localiza un Glide-Path que es una radio ayuda transmisora de la senda de planeo, que indica el ángulo correcto de descenso hacia la pista. (Los ángulos de la senda de planeo varían de 2 a 3 grados).

Existe un marcador medio del ILS/MEX que es un procedimiento de aproximación por instrumentos que proporciona



TESIS PROFESIONAL
AEROPUERTO · CIUDAD DE MEXICO ·
 PISTAS, RODAJES Y PLATAFORMAS

AMPLIACIONES
 MILARDO · LANA · PELERNO

San Juan de Aragon

Col Peñon de los Baños

Mocleuzuma

INSTALACIONES ASA, MSA, TCOMA

2

1

PLATAFORMA

3

PLATAFORMA REMOTA

4

PERER BRISTOL

12

Col Cuchillo del Tesoro

5

6

7

8

9

10

11

PLATAFORMA DE ENLACE

Col Federal

Col Caracol

13

Col Adolfo L. M.

Col Aviacon Civil

Col Arenal

Col Patrocinio

- 1- PLATAFORMA DE PERNOCTA
- 2- EDIFICIO PRINCIPAL
- 3- PLATAFORMA REMOTA
- 4- ADUANA
- 5- SADA S A
- 6- AVIONES S A
- 7- BANCO DE MEXICO
- 8- AERO MEXICO
- 9- BANCO DE MEXICO
- 10- CIA A C
- 11- FUERZA AEREA
- 12- ZONA DE COMBUSTIBLES
- 13- HANGAR PRESIDENCIAL

TESIS PROFESIONAL

AEROPUERTO CIUDAD DE MEXICO

una altura de decisión (DH) no menor de 200 pies y una visi
bilidad no menor de 1/2 milla náutica localizado al norte -
de la cabecera 23I y en la prolongación del eje de la pista
5D-23I a 900 m aproximadamente del umbral de dicha cabecera.

Existe un marcador XC406 (sin direccional) localizado
entre las pistas 23D y 23I, cerca de su umbral de aproxima-
ción. Se establece una zona de control de velocidad abarcan-
do 23 millas náuticas alrededor del aeropuerto. La veloci--
dad de todos los aviones debe reducirse en esta zona a 250
nudos (463 km/hora).

La aproximación al aeropuerto se controla en la actua-
lidad a base de las siguientes facilidades a la navegación
aérea:

Un NDB (de baja frecuencia Mex, 359 mc) ubicado en Te-
pexpan a 21 grados y 12 millas náuticas, un VOR en San Ma--
teo a 300 grados y 11 millas, un VOR en Pachuca a 18 grados
y 47 millas, un NDB en Tulancingo (Tul. 308 mc) a 38 grados
y 56 millas aproximadamente y un NDB en Tizayuca (Tiz. 341
mc) a 15 grados y 25 millas náuticas aproximadamente.

Existe un radar de control con objeto de que el contro-
lador de la torre tenga una imagen total de lo que ocurre -
dentro del espacio aéreo, con un alcance de 50 millas náuti-
cas.

Asimismo un radar de vigilancia de largo alcance para
seguir los aviones en ruta, situado en Tulancingo, con un -

alcance del orden de 160 millas náuticas.

El Valle de México presenta muchos obstáculos topográficos debido a las altas montañas que lo rodean, lo que requiere de considerables alturas mínimas en ruta para aproximaciones al aeropuerto. Por ejemplo, la altura mínima es de 14,000 pies (4,200 m) excepto para el segmento entre la estación Mex. y la aproximación al aeropuerto que es de 10,000 pies (3,000 m). Ninguna instrumentación puede corregir esta situación debido a condiciones naturales del terreno, lo que no sólo limita el espacio disponible necesario para zonas aéreas de espera en condiciones de vuelo por instrumentos, sino que se requiere también de utilizar rutas de ascenso muy pronunciado que son difíciles para cierto tipo de equipo. Además de las difíciles condiciones topográficas que prevalecen en el Valle de México, el aeropuerto está rodeado de algunas construcciones altas muy cercanas a él, lo que requiere nuevamente de ascensos y descensos muy pronunciados.

Plataforma de Operaciones

Debido a su diseño relativamente antiguo, esta área se enfrenta a dos dificultades importantes:

- Solución lineal irremediable lo que origina recorridos a pie sumamente largos.
- Número reducido de posiciones simultáneas.

Edificio Terminal de Pasajeros.

La terminal de pasajeros es del tipo "centralizada" con pasarelas de embarque y desembarque. Dado que fue diseñada hace ya bastante tiempo, se ve confrontada hoy en día a fenómenos de saturación sumamente críticos.

La superficie de la terminal es de 33,660 m², de los cuales más de 20,000 m² están destinados al tránsito. Actualmente se están realizando las obras necesarias para ampliar la zona de reclamo nacional, que permitirán mejorar las condiciones de tratamiento de los pasajeros.

El Edificio Terminal cuenta con las siguientes -
áreas:

Elementos de Salida:

Salas de última espera	4,575 m ²
Documentación nacional	1,224 m ²
Documentación internacional	576 m ²
Vestíbulo de boletaje nacional	1,516 m ²
Vestíbulo de boletaje internacio <u>nal</u> .	<u>519 m²</u>
Total elementos de salida:	8,410 m ²

Elementos de Llegada:

Entrega de equipaje nacional	1,380 m ²
Entrega de equipaje internacional	<u>990 m²</u>
Total elementos de llegada:	2,370 m ²

Total áreas de servicio directo
al público (llegadas + salidas): 10,780 m²

Áreas de Operación: 22,880 m²
Total Edificio Terminal: 33,660 m²

Zonas de Carga

Contrariamente a lo que sucede con los pasajeros, -
las operaciones de carga tienen lugar en varios edificios
separados.

Carga Nacional

Se efectúa dentro de las instalaciones de cada una de las compañías, al Sur del Edificio de la Terminal de pasajeros.

La superficie para el manejo de la carga nacional es de 7,375 m². Esta superficie se divide de la siguiente manera:

Terminal de Carga de Aeroméxico	1,050 m ²
Terminal de Carga de Mexicana	<u>700 m²</u>
	1,750 m ²

Si se toman en cuenta las bodegas y oficinas fuera del Aeropuerto que tienen las compañías nacionales, esta área aumenta a 7,375 m².

Carga Internacional

Se efectúa en un edificio especial totalmente administrado por el Servicio de Aduanas, que dispone de una superficie de 16,200 m² y se reparte en la siguiente forma:

13,800 m ²	de depósitos (230 x 60 m)
2,400 m ²	de oficinas (20 x 60 m en dos niveles)

Estacionamiento de automóviles

El estacionamiento principal del AICM está limitado por las avenidas Río Consulado, Capitán P.A. Carlos León y la Calle México, enfrente del edificio terminal.

Consta de 7 niveles y tiene una superficie por planta de aproximadamente 11,000 m².

Existen otros estacionamientos en el aeropuerto que son utilizados para los empleados de A.S.A. y de las Compañías que operan en el aeropuerto.

Area para Mantenimiento de Aeronaves.

El área de mantenimiento en el AICM tiene un total de 235,860 m², lo cual se divide en:

Aeroméxico	49,110 m ²
Mexicana	186,750 m ²
Total:	235,860 m ²

Accesos

Casi la totalidad de los accesos al Aeropuerto se efectúa por avenidas siendo la más importante el Boulevard Puerto Aéreo, otro acceso importante es la línea 5 del metro que concurre al Aeropuerto con las estaciones Puerto Aéreo y Hangares.

Por consiguiente ya sea en taxi, en vehículo particular, en autobús, o en metro se puede transitar al aeropuerto.

La entrada al Aeropuerto, a partir del Boulevard puede efectuarse:

- A partir de las 3 filas del Boulevard.
- A partir de las 2 filas laterales de la derecha.

La entrada al Aeropuerto desemboca en un ancho acceso cuyas dos filas de la izquierda permiten entrar al estacionamiento de vehículos, y las filas de la derecha conducen a las plataformas situadas delante de la terminal.

La salida tiene lugar al Norte del lugar de estacionamiento de vehículos y desemboca en el mismo Boulevard, permitiendo a los usuarios que se dirigen hacia el Norte tomar ya sea las 3 filas centrales, o bien las 2 laterales.

Los usuarios que van hacia el Sur, después de haber cortado el Boulevard disponen también de cinco filas de circulación.

Almacenamiento de Combustibles

El almacenamiento de combustibles está concentrado en la zona concedida a NACO.

La encuesta realizada por IPESA en 1977 muestra que - el consumo medio de combustibles era de 1500 m³/día.

Aviación General

Esta zona está perfectamente organizada. Dispone de - su propia terminal y sus instalaciones técnicas, y es sumamente activa.

Actualmente, toda la parte lineal frente a la pista - está ocupada y las posibilidades de ampliación son mínimas, salvo si se ocupan algunas parcelas intermedias cerca del hangar presidencial.

La verdadera zona de ampliación se sitúa al Norte de la pista 13/31 donde existen superficies aún no ocupadas, - en las que proponemos implantar una pista para la aviación general.

Sin embargo, conviene recordar que generalmente se - admite que más allá de 50,000 operaciones de aviones comerciales (ó 2 millones de pasajeros por año), el tránsito de aviación general debe ser restringido.

IV.2 CAPACIDAD DE LOS SISTEMAS

IV.2.1 Pistas y Calles de Rodaje

El elemento más importante del Sistema, desde el - punto de vista de capacidad, es el número de operaciones - que las pistas pueden aceptar por hora, lo que se refleja en su capacidad práctica anual.

Las capacidades del sistema actual son las siguientes:

- En IFR (condiciones de vuelos con instrumentos) 45 operaciones/hora.

- En VFR (condiciones de vuelo a vista) 61 operaciones/hora.

Estos resultados se obtuvieron del estudio SAHOP de -
Abril de 1977.

Factores que reducen la capacidad:

- Desigualdad de longitudes de pistas.

Esta desigualdad impide un buen funcionamiento: una pista para el aterrizaje y otra para el despegue daría la capacidad máxima.

El hecho de que la pista más larga esté equipada para las operaciones con mala visibilidad obliga a que se utilice también para el despegue de los aviones más importantes, los cuales no pueden despegar en la pista más corta, lo que provoca una pérdida de capacidad.

La pista de aterrizaje con instrumentos no tiene verdaderas salidas de pista adaptadas al sentido preferencial de explotación.

Los aviones que aterrizan están prácticamente obligados de correr hasta el extremo de la pista para encontrar una salida hacia la zona de instalaciones.

Se tiene una flota de aviones sumamente heterogénea: del B-747 al Cessna 150.

Esta heterogeneidad ofrece el inconveniente de aviones dotados de velocidades de aproximación y despegue muy diferentes y la obligación de observar las normas de seguridad de espaciamiento lleva a una regulación del tránsito que no puede ser óptima, sobre todo en períodos críticos.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes elaboró un análisis de la capacidad práctica anual del sistema de pistas y rodajes de acuerdo a lo siguiente:

La capacidad de 2 pistas paralelas separadas 300 metros es de acuerdo con el manual núm. 150/5060-3A del Departamento de Transportación del FAA: "AIRPORT CAPACITY -- CRITERIA USED IN LONG-RANGE PLANNING", y teniendo en cuenta que la mezcla de aviones que se presentan en este aeropuerto es semejante a la número 4 que aparece en la página 2 de dicho manual y es de 280,000 operaciones.

Sin embargo, esta capacidad fue encontrada teniendo en cuenta que esta configuración de pistas cuenta con un sistema óptimo de calles de rodaje, lo cual no sucede en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, pues aún contando con el Sistema de calles propuesto por la S.C.T., la capacidad real será del orden del 10% sobre la capacidad teórica ideal.

Lo anterior conduce a fijar una capacidad de alrededor de 250,000 operaciones anuales con un sistema de rodajes mejorado.

Los resultados de la capacidad práctica anual son los siguientes:

	AÑO	1980	1982	1984	1986	1988	1990
ION SIAL	CAPACIDAD	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000
	DEMANDA	143,600	168,800	200,000	203,900	229,100	259,000
	DIFERENCIA	+106,400	+ 81,200	+ 50,000	+ 41,100	+ 20,900	- 9,000
ION LAL	CAPACIDAD	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000
	DEMANDA	135,500	151,700	170,000	190,000	213,000	238,000
	DIFERENCIA	114,500	98,300	80,000	60,000	37,000	12,000
S AVIA OMER-- AVIA-- GENERAL	CAPACIDAD	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000	250,000
	DEMANDA	279,100	320,500	370,000	398,900	442,100	497,000
	DIFERENCIA	- 29,100	- 70,500	-120,000	-148,900	-192,100	-247,000

De los resultados de esta tabla se desprenden las si guientes conclusiones:

Actualmente la capacidad se encuentra saturada, la demanda excede a la capacidad considerando que están operando la Av. Comercial de Itinerario y la Aviación General.

Si solamente se tomara en cuenta que en el A.I.C.M. operara la Aviación Comercial de itinerario la capacidad quedará rebasada en 1990.

Réalizando las obras necesarias para lograr que la separación entre Aeronaves se reduzca de 5 M.N. a 3 M.N. y desplazando del Aeropuerto tanto la aviación general no compatible, como la de enseñanza, la saturación se alcanzará este año.

Desplazando la aviación general compatible, la saturación se alcanzará hacia 1983.

Si en 1983 se desplaza la aviación oficial, la saturación se alcanzará hacia 1987.

Con objeto de incrementar la capacidad del sistema a los niveles requeridos, es necesario obtener una reducción en el tiempo de ocupación de pistas por parte de las Aeronaves, lo que permitiría reducir su separación en el aire en la fase de aproximación de 5 M.N. que se requiere en la actualidad a 3 M.N.

Además, de las ayudas a la navegación y sistemas de control aéreo adecuado a ese fin, el área aeronáutica del Aeropuerto debe acondicionarse mediante la construcción de nuevas calles de rodaje y ampliación de los filetes de -- unión entre pistas y rodajes existentes, estas obras se -- concluyeron el año pasado.

Otra de las medidas que permiten incrementar la capacidad del Sistema Aeroportuario del Valle de México y que fue propuesta por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y aceptada por la Secretaría de la Defensa Nacional e instrumentada mediante acuerdo en Agosto de 1978 por el C. Presidente de la República, consistió en abrir a la -- operación de la Aviación Civil la actual Base Aérea Militar No. 1, ubicada en Santa Lucía, Edo. de Méx.

Para tal efecto deben ejecutarse obras de acondicionamiento en la Base que permitan la operación de la aviación de enseñanza y de la aviación general no compatible.

Una vez que estas obras se encuentren terminadas y -- que la aviación general no compatible y la de enseñanza -- se hayan desplazado a Santa Lucía, esa Base atenderá inicialmente en el orden de 90,000 operaciones anuales, convirtiéndose, por cuanto a operaciones, en el segundo Aeropuerto del país después del de la Ciudad de México.

IV.2.2 Plataforma de Operaciones

Durante la visita al Aeropuerto se observó que dispone de 16 posiciones simultáneas:

- 12 para aviones de largo alcance transcontinentales.
- 4 para aviones de mediano alcance.

Cuenta además con una plataforma lejana con una capacidad de 5 posiciones para aviones del tipo B-707/DC8 como máximo. Estas plataformas son comunicadas por salas móviles desde una sala especial ubicada en la Terminal de pasajeros.

Se han realizado obras para que el área de plataforma situada al Norte de la Terminal llegue a tener 13 lugares de estacionamiento de aviones.

Estas obras han llegado a obtener en la actualidad - 34 lugares para estacionamiento de aviones.

El exámen del plano general del Aeropuerto muestra - que existen aún algunas posibilidades de ampliación si se procede a modificaciones.

- Ampliación hacia el Sur, invadiendo la zona de Mexicana en caso que fuera necesario, podría replegarse hacia su nueva zona Norte.

- Ampliación hacia el Norte, evacuando los edificios que se encuentran en esta zona:

- . Un taller de mantenimiento de A.S.A.
- . Un edificio de seguridad contra incendios.

- . Un observatorio para la Agricultura.
- . Una estación pluviométrica.
- . Un pequeño edificio de aerolíneas peruanas.
- . Un centro postal mecanizado.

Los cuales podrían ser reinstalados en otra parte.

Estas ampliaciones podrían prolongarse paralelamente al límite del Aeropuerto, hasta enfrente del depósito de carburante de NACOA, es decir, sobre una longitud por lo menos igual a la que existe actualmente.

De este modo, pueden liberarse como mínimo 25 lugares (10 por lo menos para los Jumbo Jets), y como máximo 30 - con aviones del tipo B-707/DC8.

Al Oeste del Sistema de pistas, puede disponerse en - cierto tiempo, de un mínimo de 50 lugares y de un máximo de 55.

En la siguiente tabla se muestra la capacidad y la demanda de posiciones simultáneas hasta 1990.

		1980	1982	1984	1986	1988	1990
PLATAFORMA	CAP.	34	34	34	34	34	34
POSICIONES SIMULTANEAS	DEM.	34	40	47	54	63	71
	DIF.	0	-6	-13	-20	-29	-37

Actualmente la capacidad de la plataforma está saturada, y con las modificaciones descritas anteriormente la capacidad se rebasará en 1985.

Para fijar el número de posiciones simultáneas de estacionamiento de aeronaves comerciales, se estudió el número de pasajeros que en el pasado habían sido atendidos en el Aeropuerto, en función del número de posiciones de plataforma que existían en cada período, con lo que fue posible determinar un coeficiente de utilización que fue comparado con los coeficientes utilizados en algunos de los principales Aeropuertos del mundo.

De este análisis se derivó que cada posición de plataforma tiene capacidad para atender mayores volúmenes de pasajeros con el tiempo; ésto, se debe fundamentalmente a lo siguiente:

1o. La introducción progresiva de Aeronaves con mayor capacidad.

2o. La optimización de los sistemas administrativos y operacionales que permiten obtener reducciones importantes en la estadía de las Aeronaves en la plataforma.

De tal manera, se determinó una tendencia en la evolución del rendimiento de las plataformas, conforme a lo cual es viable esperar que, hacia 1990, cada posición de servicio a 350,000 pasajeros por año.

IV.2.3 Edificio Terminal de Pasajeros

Para evaluar la capacidad límite de la terminal de pasajeros se utilizaron los resultados de las simulaciones del número de pasajeros por zona o elemento en el año de

1977 y de los criterios de calidad de servicio.

Para la extrapolación del número de pasajeros en cada zona se consideró como hipótesis que el número de pasajeros en el año n evoluciona según la relación siguiente:

$$\begin{array}{l} \text{Número de pax.} \\ \text{en la zona, en} \\ \text{el año } n \end{array} = \begin{array}{l} \text{Número de pa-} \\ \text{sajeros en el} \\ \text{año base 1977} \end{array} \left[\frac{\text{Tránsito anual} \\ \text{del año } n}{\text{Tránsito anual} \\ \text{del año de ba-} \\ \text{se de 1977}} \right] 0.82478$$

NOTA: Esta fórmula es obtenida experimentalmente y ajustada con muestreos.

Los criterios de calidad de servicio que se consideran son los siguientes:

Salas de última espera	1.4 m ² /pax.
Documentación nacional	4 m ² /pax.
Documentación internacional	8 m ² /pax.
Vestíbulo boletaje nacional	6.8 m ² /pax.
Vestíbulo boletaje internacional.	5.3 m ² /pax.
Entrega de equipaje nacional	2.3 m ² /pax.
Entrega de equipaje internacional.	4.5 m ² /pax.

El número de pasajeros en la hora crítica que se presentaron en 1977 y que se muestran a continuación, sirvieron de base para determinar la demanda de área en las diferentes etapas consideradas.

	<u>Número de pasajeros en la hora crítica</u>
Salas de última espera	2,476
Documentación nacional	332
Documentación internacional	182
Vestíbulo boletaje nacional	242
Vestíbulo boletaje internacional	248
Entrega de equipaje nacional	649
Entrega de equipaje internacional	557

El área requerida en m² para la terminal de pasajeros en cada zona es la siguiente:

<u>A</u> <u>N</u> <u>O</u> <u>S</u>	<u>1980</u>	<u>1982</u>	<u>1984</u>	<u>1986</u>	<u>1988</u>	<u>1990</u>
SALAS DE ULTIMA ESPERA	4575	5338	6308	7036	7971	8838
DOCUMENTACION NACIONAL	1224	1432	1692	1898	2138	2364
DOCUMENTACION INTERNACIONAL	576	672	792	888	1008	1112
VESTIBULO BOLETAJE NACIONAL	1516	1775	2094	2339	2652	2931
VESTIBULO BOLETAJE INTERNACIONAL	519	609	715	800	903	1001
ENTREGA EQUIPAJE NACIONAL	1380	1610	1902	2120	2403	2656
ENTREGA EQUIPAJE INTERNACIONAL	990	1156	1368	1525	1728	1917
TOTAL DE AREAS DE SERVICIO						
DIRECTO AL PUBLICO	10780	12592	14871	16596	18803	20819
+						
AREAS DE OPERACION	22880	27200	32175	35750	40950	45500
=						
<u>T</u> <u>O</u> <u>T</u> <u>A</u> <u>L</u> <u>E</u> <u>S</u>	<u>33660</u>	<u>39892</u>	<u>47046</u>	<u>52346</u>	<u>59753</u>	<u>66319</u>

IV.2.4 Zona de Carga

Area para manejo de carga nacional

La demanda total se ha estimado considerando un incremento de aproximadamente 17% anual, obtenido de la observación del comportamiento en años pasados de este elemento.

Con este % de incremento se ha estimado la siguiente demanda para la carga nacional:

Años	1980	1982	1984	1986	1988	1990
Carga Nacional en Kgs.	81,000	110,000	151,000	206,000	282,000	385,000

La división de esta carga entre las dos compañías se ha estimado en 61% de Mexicana de Aviación y 39% de Aeroméxico; este dato está basado en la estadística:

Compañía	1980	1982	1984	1986	1988	1990
Mexicana	49,000	67,000	92,000	126,000	172,000	235,000
Aeroméxico Kgs.	32,000	43,000	59,000	80,000	110,000	150,000

El área necesaria para el manejo de esta carga, puede calcularse según la forma de manejo de la misma. Para un manejo manual se considera un rendimiento de 8 tons/m², si este manejo es mecanizado el rendimiento será de 20 tons/m².

La superficie necesaria en m² para el manejo de esta carga será:

AÑOS	1980	1982	1984	1986	1988	1990
Mexicana M ²	6,125	8,375	11,500	15,750	21,500	29,375
Aeroméxico M ²	4,000	5,375	7,375	10,000	13,750	18,750
Total M ²	10,125	13,750	18,875	25,750	35,250	48,125

Si se maneja la carga en forma mecanizada los requerimientos de superficie en m² son menores:

AÑOS	1980	1982	1984	1986	1988	1990
Mexicana	1,600	2,150	2,950	4,000	5,500	7,500
Aeroméxico	4,050	5,500	7,550	10,300	14,100	19,250
Total:	5,650	7,650	10,500	14,300	19,600	26,750

La superficie para el manejo de la carga nacional es actualmente de 7,375 m², por lo que esta área se encuentra ya saturada, sin embargo si su manejo se mecanizara será suficiente hasta este año.

Area en m² para manejo de Carga Internacional

Para determinar la demanda de carga internacional, -- aunque su comportamiento estadístico ha sido errático, se utilizó un 12% de incremento anual para el período 1978-1990 lo cual se expresa en la siguiente tabla.

AÑOS	1980	1982	1984	1986	1988	1990
Carga Internacional	49,000	61,000	77,000	97,000	123,000	156,000

Para un manejo manual se considera un rendimiento de 8 tons/m², si este manejo es mecanizado el rendimiento será de 20 tons/m².

De acuerdo con las demandas y los rendimientos expresados se tiene que:

AÑOS	1980	1982	1984	1986	1988	2000
Carga Internacional	6,125	7,625	9,625	12,125	15,375	22,375
Carga Internacional Mecanizada m ² .	2,450	3,050	3,850	4,850	6,150	7,800

La zona de carga internacional tiene una área de --
 16,200 m², por lo que será suficiente hasta 1988, pero si
 su manejo se mecanizara esta área sería suficiente para --
 mucho más tiempo.

IV.2.5 Estacionamiento

La capacidad de lugares de estacionamiento es de ----
 3,156 lugares.

De agores y estudios que se han efectuado, se puede -
 considerar 1.2 automóviles por pasajero en hora pico. De -
 acuerdo a este factor se obtiene la siguiente demanda de -
 lugares de estacionamiento.

AÑOS	1979	1980	1982	1984	1986	1988	1990
Capacidad (m2)	3,156	3,156	3,156	3,156	3,156	3,156	3,156
Demanda (in 2)	3,840	4,224	5,040	5,940	6,600	7,560	8,400

Los lugares de estacionamiento actualmente están satu
rados. En 1986 será necesario duplicar los lugares de es-
 tacionamiento de coches.

CAPITULO V

METODOLOGIA

V.1 GENERALIDADES

Para diseñar un Aeropuerto es de primordial importancia conocer, con cierto grado de detalle, las previsiones que se espera tener en el futuro inmediato y mediano sobre el movimiento de pasajeros aéreos, además de requerir pronósticos de otros conceptos concernientes con el diseño.

El Aeropuerto Internacional "Benito Juárez", de la Ciudad de México ha sido sujeto a numerosas adecuaciones para satisfacer la creciente demanda que sobre él existe. Las preguntas que se hacen sobre si la localización actual de éste es la óptima, si las instalaciones del mismo deben incrementarse y a que tamaño para satisfacer la demanda sólo podrán contestarse con pronósticos sustentados en bases reales que tengan en cuenta los hechos presentes y futuros que pueden acontecer y que originen, frenen o afecten la demanda de pasaje.

El número de pasajeros anuales que se mueve en un Aeropuerto, es la base de partida de las proyecciones, por ser el factor que permite ser proyectado al futuro con más facilidad y acercarse más a la realidad. Otros datos tales como las operaciones anuales, el movimiento de carga, etc., se ven sujetos a un mayor número de factores

que los afectan, como los cambios de equipo de vuelo, desarrollos industriales que modifican el movimiento de carga y otros.

Las proyecciones servirán para obtener lo que se pue de llamar "parámetros de proyecto" cifras que permiten de finir la magnitud de los diferentes elementos del Aero---puerto, mediante concentraciones máximas frecuentes, tales como posiciones simultánea de aviones estacionados en plataforma y su tipo, número de pasajeros horarios nacionales de salida y llegada, número máximo de vehículos en estacionamiento, etc.

Al decir concentraciones máximas frecuentes se quiere indicar que se trata de valores máximos horarios.

Se requiere asimismo la proyección de estos parámetros, de tal manera que se pueda definir la magnitud de cada elemento del aeropuerto en cualquier momento futuro y con esto fijar las etapas de desarrollo del conjunto de elementos que forman el aeropuerto,

Este conjunto de elementos, una vez definidas sus magnitudes y etapas de desarrollo, permitirá establecer el Plan Maestro de un Aeropuerto; o sea, el plano que regulará su crecimiento.

El Plan Maestro debe fijar lugar para cada elemento. Por ejemplo, en él debe preverse, el espacio suficiente para dar cabida al número de pistas requerido al presente, o bien adicionales futuras, y tomar en cuenta además las

prolongaciones que pueden necesitar por el advenimiento de nuevos aviones. Debe preverse asimismo el espacio para la construcción del edificio de servicio público y zonas para su crecimiento. Hay que considerar también todos los elementos con los que debe contar un aeropuerto y ubicarlos en la mejor situación, de manera que constituyan un conjunto armónico y eficiente para su funcionamiento.

Es posible que en las primeras etapas no fuera necesario contar con algunos elementos, como pudiera ser una terminal de carga; pero del análisis de las tendencias deberá precisarse si en el futuro será necesario construir una terminal de este tipo, en cuyo caso, el Plan maestro contará con el área para estos fines.

El Plan Maestro puede contar de varios documentos, normalmente se requiere de un plano general de todo el aeropuerto en donde figuren todos los elementos. Asimismo, es necesario tener siempre un plano detallado del área terminal. En ciertas ocasiones se requerirán planos específicos para diferentes elementos. Tal es el caso del edificio terminal que generalmente requiere de planos especiales. Serán necesarias asimismo, todas las explicaciones convenientes para dejar claramente establecidas las tendencias de desarrollo y la forma en que se pretende controlar.

El complemento de los puntos anteriores para establecer la planeación completa de un aeropuerto, serían los programas de inversiones; sin embargo, para hacer una defi

nición precisa de estos programas, se necesitan algunos an teproyectos que permitan definir los costos.

Los proyectos correspondientes deberán estar desarrollados conforme al Plan Maestro y a los parámetros de proyectos, que son los que dan la pauta al proyectista para definir la magnitud de los elementos, tales como una sala de espera, la longitud del mostrador de boletaje para compañías, la longitud de una banda de entrega de equipaje, - la superficie de un estacionamiento de automóviles, la superficie de la plataforma de operaciones, la de la plataforma de aviación general, el tamaño de los tanques de almacenamiento de combustible, etc.

V.2 EL TRÁNSITO DE PASAJEROS

Este estudio desglosa las previsiones en dos períodos:

- Previsiones a mediano plazo 1978 - 1984
- Previsiones a largo plazo 1984 - 2000

V.2.1 Elementos Determinantes del Tránsito de Pasajeros a Mediano plazo.

Principales Variables.

Las variables que pueden intervenir en la demanda de Tránsito de pasajeros son las siguientes:

a) Variables Económicas:

El P.I.B., las inversiones, el patrimonio de capital, al comercio exterior, la población activa ocupada, la distribución de los ingresos, las familias de la población que tienen posibilidad de viajar, los gastos de recreación y viajes al extranjero.

b) Variables Demográficas:

La población del país, la población del área conurbada de la Ciudad de México.

c) Variables referentes a la Aviación Comercial:

Las tarifas nacionales e internacionales, los itinerarios, las frecuencias de los vuelos, los aeropuertos nacionales e internacionales, otros medios de transporte, la política de aviación comercial.

d) Variables referentes al Turismo:

Los hoteles, los servicios, las inversiones en infraestructura turística.

V.2.1.1 Modelo General para el cálculo de la demanda de Tránsito de Pasajeros a Mediano Plazo.

Fué necesario construir un modelo conceptual que sirviera de lineamiento al desarrollo del estudio. Básicamente el problema consiste en diseñar un mecanismo que permita estimar los pronósticos de la demanda y sus posibles variaciones, a partir del análisis y estimación futura de los factores que la afectan.

En este caso se seleccionó, para el corto plazo, la econometría.

En las técnicas econométricas se requiere establecer una estructura, es decir, una forma de las expresiones que definen el modelo. En este caso se optó por explicar el número de pasajeros en el Aeropuerto a partir de una función de demanda del tipo:

$$D = \alpha A^{Y1} B^{Y2} C^{-Y3} S$$

en donde:

D = Es la variable dependiente que representa a la demanda.

$Y_1, Y_2 - Y_3$ = Son los coeficientes de elasticidad de cada factor. Son los positivos cuando se supone que un incremento en esos factores genera un incremento en la demanda y negativos cuando un incremento en ellos genera un decremento en la misma. Representan el incremento porcentual de la demanda debido a un incremento unitario del factor correspondiente.

α = Es una constante.

S = Es una variable DUMMY, es decir es una variable de ajuste que aparece cuando hay un comportamiento extraordinario en la demanda que no es explicado por variaciones de los factores correspondientes.

Considera las variables políticas y -- aquellas totalmente independientes de la sociedad mexicana.

Esas variables son tomadas en cuenta -- con respecto a la demanda de tránsito de pasajeros internacionales, y son representadas por variables que toman un

valor igual a "0" hasta 1973, y un valor igual a 1 a partir de 1974.

Esas variables pueden ser expresadas en función de otras variables (exógenas) - puede explicarse, por ejemplo, la variable A (antes exógena), en función de la variable Z. Por consiguiente, A se convierte en variable endógena y Z en variable exógena.

$$A = az^b, \text{ siendo } a \text{ y } b \text{ constantes.}$$

V.2.1.2 Especificación de los Modelos.

El modelo para el cálculo del número de pasajeros nacionales es el siguiente:

$$PN_t = a_0 + a_1 FPV_t + a_2 POBDF_t + a_3 PN_{t-1} - a_4 TARN$$

(estructura de elasticidades constantes).

PN_t = Número de pasajeros nacionales en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, en el año "t".

a_0 = Término independiente del modelo (velocidad inicial).

FPV_t = Familias que tienen posibilidad de viajar, - expresadas como el número de familias cuyos ingresos eran de más de \$10,000.00 por mes - en el año de 1968.

$a_1, a_2, a_3, a_4 =$ Elasticidades de los pasajeros nacionales debida a los factores correspondientes.

$POBDF_t =$ Población del área metropolitana de la Ciudad de México, en el año "t", expresada en miles de habitantes.

$TARN_t =$ Índice de la tarifa real de los viajes nacionales en el año "t", con base 100 en el año de 1960.

El modelo para pasajeros internacionales es:

$$PI_t = b_0 + b_1 FPV_t + b_2 POBDF_t + b_3 RECUS_t + b_4 PI_{t-1} + b_5 TARI + b_6 DUAMT_t$$

(Estructura de elasticidades constantes).

$PI_t =$ Número de pasajeros internacionales en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, en el año "t".

$b_0 =$ Término independiente del modelo (velocidad inicial).

$FPV_t =$ Familias que tienen la posibilidad de viajar, expresadas como el número de familias cuyos ingresos eran de más de \$ 10,000.00 por mes en el año de 1968.

- RECUS_t = Gastos de recreo y viajes al extranjero, per cápita de residentes en los E.E.U.U. en el año "t", expresados en dólares del año de 1967 por habitante.
- TARI_t = Índice de la tarifa real de los viajes internacionales en el año "t", con base 100 en el año de 1960.
- b1, b2, b3, b4, b5 = Elasticidad de los pasajeros internacionales, debida a las variables correspondientes.
- b6 = Coeficiente de la variable binaria.
- DUMMY_t = Variable binaria con valor cero de 1960 a 1973, y con valor 1 en 1974 y 1975, que considera las situaciones del extranjero.

La desagregación de los modelos 1 y 2 propuesta es la siguiente:

$$FPV = a_t \text{ PEAR}_t$$

$$\text{PEAR}_t = a_0 \text{ POBEX}_t + a_1 \text{ CAP}_t$$

$$\text{CAP}_t = \text{INV}_t + a_1 \text{ CAP}_{t-1}$$

$$\text{INV}_t = a_1 (\text{PIB} - \text{PIB}_{t-2}) + a_2 \text{ INV}_{t-1}$$

Las variables explicativas son consideradas como variables endógenas y/o como variables exógenas.

Las variables referentes a la población y a las tarifas son siempre consideradas como exógenas.

- $POBMEX_t =$ Población de la República en el año t , expresada en miles de habitantes.
- $PEAR_t =$ Población económicamente activa remunerada en el año t , expresada en miles de trabajadores.
- $CAP_t =$ Patrimonio de capital en el año t , expresado en millones de pesos de 1960.
- $INV_t =$ Inversión bruta real en el año t , expresada en millones de pesos de 1960.
- $PIB_t =$ Producto Interno bruto en el año t , expresado en millones de pesos de 1960.
- $a_t =$ Factor variable de transformación en el año t .
- α' y $\alpha'' =$ Son las elasticidades del potencial de trabajo ocupado respecto a la población y al capital.
- Esos dos coeficientes deben ser positivos e inferiores a uno.

a_0' y $a_0'' =$

Son parámetros positivos que vinculan el aporte de la población y del capital, para obtener la población económicamente remunerada.

Estos coeficientes pueden tener -- cualquier valor.

a_1''' y a_2'''

Deben ser positivos e inferiores a uno.

El primero representa el aporte del crecimiento de la producción a la inversión y el segundo representa la periodicidad relativa de la inversión.

En resumen:

El modelo de previsión de pasajeros nacionales e internacionales en el A.I.C.M. ha sido construido sobre cinco variables principales:

- Producto Interno Bruto.
- Población total de México.
- Población de la aglomeración de la Ciudad de México.
- Tarifas Aéreas Nacionales.
- Gastos de recreación de los turistas norteamericanos.

En tales condiciones, las fórmulas que describen los modelos, son los siguientes:

Para pasajeros nacionales en el año "t" :

$$PN_t = e^{-7.0229} FPV^{3.2647} TARN^{-0.9871} POBDF_t$$

$$FPV = 0.0142 PEAR_t$$

$$PEAR_t = 0.7538 e^{3.9822} POBMEX_t^{0.5092} + 0.2462 e^{5.9469} CAP_t^{0.2580}$$

$$PEAR_t = INV_t + 0.9762 CAP_{t-1}$$

$$INV_t = 0.1834 (PIB_t - PIB_{t-2}) - 0.9822 INV_{t-1}$$

En lo referente a los pasajeros internacionales en el año t:

$$PI_t = e^{-1.7128} RECUS_t^{2.0651} FVP_t - 75770 DUMMY_t$$

Donde:

PN_t = Número de pasajeros nacionales en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, en el año "t".

FPV = Familias que tienen la posibilidad de -- viajar, expresada como el número de familias cuyos ingresos eran de más de \$10,000.00 en el año de 1968.

- TARN_t = Índice de la tarifa real de los viajes -- nacionales en el año "t", con base 100 en el año de 1960.
- POBDF_t = Población del área metropolitana de la -- Ciudad de México en miles de habitantes, en el año "t".
- PEAR_t = Población económicamente activa remunera-- da, en miles de trabajadores.
- POBMEX_t = Población total de la República Mexicana en el año "t", expresada en miles de habi-- tantes.
- CAP_t = Patrimonio de capital en millones de pe-- sos de 1960, en el año "t".
- INV_t = Inversión bruta real en millones de pesos de 1960.
- PIB = Producto Interno Bruto en millones de pe-- sos de 1960.
- RECUS = Gastos en recreación y en viajes al Ex-- tranjero per cápita de residentes en los E.E.U.U., expresados en dólares de 1967 por habitantes.
- DUMMY = Variable binaria igual a 0 de 1960 a -- 1973 e igual a 1 en 1974 y 1975, conside-- ra las situaciones políticas del extran-- jero en esos años.

V.2.2 PREVISIONES A LARGO PLAZO

V.2.2.1 La Incertidumbre

Cuando se trata de efectuar previsiones a largo plazo aparecen 2 problemas principales:

Las variables de los modelos permanecen iguales, - por lo que no es seguro que las elasticidades puedan ser consideradas idénticas en un largo período; en esas condiciones, es necesario estudiar las variaciones posibles de esas elasticidades hasta el horizonte de planeación.

Las hipótesis efectuadas en base a las variables de los modelos, están sembradas de incertidumbre, y esto es - más cierto cuando se aleja el horizonte de previsión.

V.2.2.2 La Transferencia a largo plazo hacia otros modos de Transporte.

El modelo propuesto para prever el tránsito a mediano plazo está basado en la hipótesis de que las elasticidades son constantes, es decir que la repartición del tránsito según modo de transporte permanece constante. Por ejemplo, la red de vías férreas mexicanas no parece probable que de aquí a unos diez años se mejoren en su infraestructura. Más allá de este lapso la hipótesis deja de ser exacta ya que las inversiones efectuadas en la actualidad permiten esperar un crecimiento en dicho medio de transporte.

Se ha visto que el modelo econométrico incluye una variable que representa el número de familias con posibilidad de viajar (con ingresos mayores de \$10,000.00 pesos mensuales de 1968). Basándose en dichos ingresos, se verificará la aparición de un nuevo medio de transporte, ya que las familias cuyos ingresos están cercanos a dicho umbral de ingresos, son las que deberán de elegir entre los dos medios de transporte. Se tratará de modificar su nivel, en función de la posibilidad o no de transferir los pasajeros de un medio de transporte a otro.

El coeficiente que permite calcular el número de familias con posibilidad de viajar, en función del número de trabajadores remunerados (expresados en miles) es actualmente de 0.0142.

Se puede considerar razonable, que los nuevos medios de transporte comenzarán a surtir efecto alrededor del año 1988 y que la transferencia esperada podría ser de 10% al cabo de cinco años, con un arranque lento. En tales condiciones, el coeficiente que permite calcular el número de trabajadores remunerados al número de familias susceptibles de viajar, podría evolucionar en la siguiente forma:

AÑOS	COEFICIENTE
1986	0.0142
1987	0.0141
1988	0.0141
1989	0.0140
1990	0.0140
1991	0.0139
1992	0.0139
1993	0.0138
1994	0.0138
1995	0.0138
1996	0.0138
1997	0.0138
1998	0.0138
1999	0.0138
2000	0.0138

V.2.2.3 Hipótesis de Previsión a largo plazo

El modelo utilizado es el mismo que el de las previsiones a mediano plazo, en el cual, entre 1988 y 1994, se ha modificado el coeficiente que permite calcular el número de familias con posibilidad de viajar.

Las hipótesis que se han utilizado para el modelo a largo plazo son las siguientes:

Hipótesis del P.B.I.

Se ha utilizado la Previsión de NAFINSA, la cual preveé una tasa anual de crecimiento del PIB de alrededor de 6%, para el período 1975-1990, es decir una tasa anual igual a la tasa histórica, dicha tasa, no sólo corresponde a una extrapolación de la tasa histórica, sino que parece estar conforme a las medidas económicas adoptadas por el Gobierno actual. Una tasa de 6% como promedio hasta el año 2000, supone inversiones coordinadas en todos los sectores productivos del país, lo que se traduce en una repartición equilibrada del crecimiento económico.

El Producto Interno Bruto representa el valor de todos los bienes y servicios producidos dentro del Territorio Nacional.

Se ha obtenido un modelo que correlaciona el PIB a precios de 1960 en función del tiempo, según una ecuación exponencial que es la siguiente:

$$PIB_t = 85,137.8 e^{0.05827 t}$$

Con un coeficiente de correlación de 0.997

Donde $t = 0, 1, 2, 3 \dots 17$, y $t = 0$ corresponde al año de 1950.

Este modelo de forma exponencial proporciona la tasa instantánea de crecimiento, la cual resulta de 6.0 por ciento (a precios constantes).

En las tablas siguientes se presenta la evolución del
P.I.B.

- a) Estadística hasta el año de 1977.
- b) Proyección hasta el año 2000.

EVOLUCION DEL PIB

(1960-1977)

Años	PIB en millones de pesos corrientes	PIB en millones de pesos de 1960	PIB en millones de pesos de 1970
1960	150 511	150 511	212 471
1961	163 265	157 931	222 946
1962	176 030	165 310	233 362
1963	195 983	178 516	252 005
1964	231 370	199 390	281 472
1965	252 028	212 320	299 725
1966	280 090	227 037	320 500
1967	306 317	241 272	340 595
1968	339 145	260 901	368 305
1969	374 900	277 400	391 596
1970	418 700	296 600	418 700
1971	452 400	306 800	433 100
1972	512 200	329 100	464 579
1973	619 600	354 100	499 871
1974	813 700	375 000	529 375
1975	987 700	390 900	551 820
1976	1 220 800	396 600	562 690
1977	1 517 150	409 760	576 450

Fuentes: Dirección de Estadística

BANCO DE MEXICO

PROYECTO DE LA EVOLUCION
DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO
TASA 6%

Años	PIB en millones de pesos en 1960	PIB en millones de pesos en 1970
1977	409 760	578 450
1978	434 350	613 150
1979	460 410	649 940
1980	488 030	688 940
1981	517 310	730 270
1982	548 350	774 090
1983	581 250	820 540
1984	616 130	869 770
1985	653 100	921 950
1986	692 280	977 270
1987	733 820	1 035 910
1988	777 850	1 098 060
1989	824 520	1 163 940
1990	873 990	1 233 780
1991	926 430	1 307 810
1992	982 010	1 386 280
1993	1 040 930	1 469 450
1994	1 103 390	1 557 620
1995	1 169 590	1 651 080
1996	1 239 770	1 750 140
1997	1 314 160	1 855 150
1998	1 393 000	1 966 460
1999	1 476 590	2 084 450
2000	1 565 180	2 209 510

Hipótesis sobre la Tarifa Nacional

Se han elegido cinco series de valores referentes a las tarifas nacionales:

Serie T_1 = Con un valor del índice, para 1977, de 68.1 y una tasa de crecimiento de -1.91% por año hasta 1988.

Serie T_2 = Con un valor del índice, para 1977, de 67.7 y una tasa de crecimiento de -2.55% por año hasta 1988.

Serie T_3 = Con un valor del índice, para 1977, de 68 y una tasa de crecimiento de -2.22% por año hasta 1988.

Serie T_4 = Con un valor del índice para 1977, de 68.1 y una tasa de crecimiento de -1.91% anual hasta 1988.

Serie T_5 = Con un valor del índice, para 1977, de 68.2 y una tasa de crecimiento de -1.6% anual hasta 1988.

La serie considerada como más probable es la T_3 , que corresponde a la hipótesis media, con una tendencia a una disminución menos rápida del crecimiento de la tasa.

TARN_t

Años	Tarifas
1977	68
1978	66.5
1979	65
1980	63.6
1981	62.2
1982	60.8
1983	59.4
1984	58.1
1985	56.8
1986	55.6
1987	54.3
1988	53.1
1989	51.9
1990	50.8
1991	49.7
1992	48.6
1993	47.5
1994	46.4

Hipótesis sobre los gastos de los norteamericanos en recreación y en viajes al Extranjero.

En lo que concierne a esta variable, se han escogido cinco series de valores:

Serie G1: Para 1977, un valor de 222.6 dólares, con una tasa de crecimiento de 1.85% por año hasta 1988.

Serie G2: Para 1977, un valor de 226.8 dólares, con una tasa de crecimiento de 1.9% por año hasta 1988.

Serie G3: Hipótesis media. Para 1977, un valor de 229 dólares, con una tasa de crecimiento de 1.84%.

Serie G4: Para 1977, un valor de 227.4 dólares, con una tasa de crecimiento de 1.99% por año hasta 1988.

Serie G5: Para 1977, un valor de 227.5 dólares, con una tasa de crecimiento de 2% anual hasta 1988.

La serie considerada como más probable es la de la hipótesis media; los gastos de los norteamericanos tienen tendencia a crecer más rápidamente.

AÑOS	GASTOS
1977	229
1978	233
1979	238
1980	242
1981	246
1982	251
1983	256
1984	260
1985	265
1986	270
1987	275
1988	280
1989	285
1990	290
1991	296
1992	301
1993	307
1994	312

Hipótesis sobre la población en la República Mexicana.

En la hipótesis que la tasa de crecimiento natural permaneciera estable, con un 3.5% por año, la población mexicana alcanzaría cerca de 112 millones en 1994, lo que significaría el doble con respecto a 1974. Mas allá de esa fecha, las estimaciones para el año 2000 dan cifras que varían entre 120 y 140 millones.

El crecimiento demográfico es un fenómeno acumulativo, existiendo un efecto de inercia en las generaciones jóvenes, las que dentro de algunos años pasarán a su vez a la edad de la fecundidad.

Lo que en términos demográficos explica ese crecimiento es: En primer lugar, la gran proporción de niños y jóvenes en la actualidad. La población tiene tendencia joven: 46.2% de los habitantes eran menores de 15 años en 1970 y 56% menores de 20 años; en segundo lugar, la gran fecundidad y la edad precoz de la mujer mexicana en su primer parto.

La sociedad mexicana es natalista. Las autoridades estiman, con razón, que el país dispone de recursos potenciales suficientes. Las mismas han autorizado la difusión de informaciones referentes a las prácticas modernas de contracepción (Ley de febrero de 1974), así como el desarrollo de programas de paternidad responsable.

Esto ha llevado a los principales responsables a utilizar para sus propios pronósticos, dos hipótesis de población para el año 2000: una, presenta la tendencia natural, otra considera los efectos de la planificación familiar. - Tal es el caso en lo que respecta al Plan Nacional de Desarrollo Urbano, que distingue una hipótesis baja, resultado de los cálculos del Consejo Nacional de Población, y una hipótesis alta, resultado de la prolongación de las tendencias actuales.

Hipótesis de Población 1978-2000

	1978	1982	1988	1994	2000
Con Planificación familiar (en mill).	65.8	74	84	94	104
Tendencia actual (en mill).	65.8	75	90	109	130

FUENTE: PNDU, versión abreviada, mayo de 1978.

Debe observarse que esas cifras son estimaciones, y - en lo que concierne a las cifras de la hipótesis baja, son más un objetivo que una previsión. Sin embargo, hasta los años 1982-1985, las diferencias entre ambas no son muy -- significativas en valor absoluto.

En resumen, situándose desde hace mucho tiempo en la primera fila de los países con una importante tasa de crecimiento demográfico, MEXICO podría duplicar su población dentro de veinte años.

Esta situación preocupa en la medida en que dicha tasa absorbe una parte importante del crecimiento económico.

Pueden presentarse dos situaciones:

. La planificación familiar funciona normalmente y sus efectos se hacen sentir rápidamente.

. La tendencia actual continúa, pese a los esfuerzos de los organismos responsables.

Por consiguiente, se ha contemplado dos tipos de crecimiento que serán utilizados simultáneamente en la continuación del estudio:

- Hipótesis baja o eficacia de la planificación familiar.

- Hipótesis alta o de continuación de la tendencia actual.

El cuadro a continuación de las previsiones de población en la República Mexicana durante los años de 1979 -- hasta el año 2000.

PRONOSTICO DE LA POBLACION EN LA REPUBLICA MEXICANA

AÑOS.	HIPOTESIS BAJA	HIPOTESIS ALTA
	POBLACION (MILES)	POBLACION (MILES)
1979	68.245	68.552
1980	70.203	71.338
1981	72.127	74.155
1982	74.031	77.000
1983	75.814	79.870
1984	77.555	82.763
1985	79.241	85.676
1986	80.866	88.606
1987	82.433	91.550
1988	83.930	94.506
1989	85.387	97.471
1990	86.790	100.443
1991	88.145	103.418
1992	89.451	106.396
1993	90.694	109.372
1994	91.880	112.345
1995	93.036	115.313
1996	94.159	118.274
1997	95.248	121.225
1998	96.302	124.164
1999	97.318	127.090
2000	98.296	130.000

Hipótesis sobre la población en la zona Metropolitana de la Ciudad de México.

El P.N.D.U espera que la población en la zona Metropolitana de la Ciudad de México alcance 20 millones de habitantes para el año 2000 e indica que el ritmo actual (5.6%) la población sería de 16.5 millones en este año y de 35 millones en el año 2000.

La Dirección General de Estadística estima para el año 2000 una hipótesis baja de 30 millones de habitantes y una hipótesis alta de 39 millones.

La cifra de 30 millones parece ser la cifra que numerosos especialistas, entre ellos Luis Unikel, consideran como la mínima en el año 2000.

Se han considerado 2 hipótesis sobre la población en la zona Metropolitana.

- Hipótesis baja o eficiencia de la planificación familiar.

- Hipótesis alta o de continuación de la tendencia actual.

La tabla siguiente muestra el pronóstico de la población en la zona Metropolitana de la Ciudad de México.

PRONOSTICO DE POBLACION EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MEXICO

	HIPOTESIS BAJA POBLACION (MILLONES)	HIPOTESIS ALTA POBLACION (MILLONES)
1979	14.00	14.00
1980	14.90	15.20
1981	16.00	16.30
1982	17.17	17.60
1983	17.90	18.50
1984	18.60	19.40
1985	19.40	20.40
1986	20.20	21.40
1987	21.00	22.50
1988	21.90	23.60
1989	22.60	24.70
1990	23.30	25.80
1991	24.10	27.00
1992	24.90	28.00
1993	25.70	29.50
1994	26.50	30.80
1995	27.10	32.00
1996	27.70	33.30
1997	28.40	34.70
1998	29.00	36.00
1999	29.70	37.50
2000	30.40	39.00

FUENTE: P.H.D.U., versión abreviada, mayo 1978.

En resumen:

En la hipótesis de que el P.I.B., creciera con una -- tasa promedio del 6% anual, que las tarifas para vuelos na cionales tuvieran una tasa de crecimiento de 2.22%, que -- los gastos de los norteamericanos en recreación y en via-- jes al extranjero tuvieran una tasa de crecimiento de ---- 1.84%, considerando la transferencia de pasajeros de un mo do de transporte a otro, utilizando la hipótesis baja e hi pótesis alta sobre la población en la República Mexicana -- como en la zona Metropolitana y aplicando el Modelo General Econométrico Gausal se obtuvieron las siguientes previsio-- nes de pasajeros a largo plazo variante baja (hipótesis de población baja) y variante alta (hipótesis de población -- alta).

Se puede afirmar que dichas proyecciones son relativame nte fiables hasta el año de 1988, más allá de esta fecha hay imprecisión en los resultados, debido por un lado a la incertidumbre referente a la posibilidad de transferencia hacia otros medios de transporte, y por otro lado, a la in certidumbre en lo que concierne a las tasas de crecimiento de las principales variables.

PREVISIONES A LARGO PLAZO, VARIANTE BAJA

PASAJEROS EN EL ATCL

(EN MILES)

Años	Pasajeros- Nacionales	Pasajeros Internacionales	Total
1976	4 739	2 397	7 136
1977	5 626	2 513	8 139
1978	6 440	2 652	9 092
1979	7 362	2 808	10 170
1980	8 358	2 969	11 327
1981	9 377	3 148	12 525
1982	10 444	3 334	13 778
1983	11 603	3 524	15 127
1984	12 769	3 721	16 510
1985	14 248	3 929	18 177
1986	15 734	4 147	19 881
1987	16 933	4 340	21 273
1988	18 631	4 576	23 206
1989	20 017	4 787	24 805
1990	21 957	5 043	27 000
1991	23 378	5 275	28 653
1992	25 418	5 551	30 969
1993	26 975	5 797	32 772
1994	29 236	6 099	35 335
1995	31 751	6 414	38 165
1996	34 140	6 747	40 887
1997	36 704	7 091	43 795
1998	39 369	7 454	46 823
1999	42 320	7 832	50 152
2000	45 381	8 230	53 611

PREVISIONES A LARGO PLAZO, VARIANTE ALTA

PASAJEROS EN EL AICH

(EN MILES)

Años	Pasajeros- Nacionales	Pasajeros Internacionales	Total
1976	4 739	2 397	7 136
1977	5 521	2 496	8 017
1978	6 428	2 645	9 073
1979	7 478	2 813	10 291
1980	8 640	2 988	11 628
1981	9 901	3 183	13 084
1982	11 263	3 386	14 649
1983	12 798	3 597	16 395
1984	14 429	3 816	18 245
1985	16 445	4 051	20 496
1986	18 646	4 297	22 943
1987	20 609	4 520	25 129
1988	23 291	4 791	28 082
1989	25 703	5 038	30 741
1990	28 956	5 335	34 291
1991	31 771	5 609	37 380
1992	35 597	5 933	41 530
1993	38 933	6 227	45 160
1994	43 483	6 585	50 068
1995	48 643	6 961	55 604
1996	54 036	7 358	61 394
1997	60 001	7 727	67 728
1998	66 446	8 206	74 652
1999	73 726	8 661	82 387
2000	81 582	9 143	90 725

V.3 OPERACIONES ANUALES

Conocida la demanda del tránsito de pasajeros (nacional e internacional) a través del modelo econométrico anteriormente visto y simulando la evolución del coeficiente de llenado desde el año base hasta el año de horizonte de planeación, se deduce el número de asientos que las compañías tendrían que ofrecer para satisfacer la demanda.

El número de asientos ofrecidos en el año i sería entonces:

$$\frac{\text{Número de pasajeros anuales en el año } i}{\text{Coeficiente de llenado en el año } i}$$

Para determinar la estructura de la flota en el año base, se han considerado 6 categorías de aviones. El porcentaje de las operaciones por categoría, define la estructura de la flota y la evolución de la flota se traduce por la variación de dichos porcentajes. En un año determinado la flota puede caracterizarse por un avión mediano y ficticio cuya capacidad en asientos es calculada por:

$$C_i = (S_1 \times a_1) + (S_2 \times a_2) + (S_3 \times a_3) + (S_4 \times a_4) + (S_5 \times a_5) + (S_6 \times a_6)$$

En donde S_i y a_i representan respectivamente el número de asientos promedio de la categoría i y a_i el porcentaje de las operaciones efectuadas por los aviones de la categoría i .

El número de operaciones anuales con todos los tipos de aviones reunidos, es evaluado calculando la relación:

$$\text{Número de Operaciones (año i)} = \frac{\text{Número de asientos ofrecidos (año i)}}{\text{Capacidad de asientos del avión prom. (año i)}}$$

Este método está basado en la hipótesis de la evolución de la estructura de la flota de aviones en un horizonte tecnológico conocido, que puede fijarse de 15 años, es decir hasta 1993-1994. Más allá de esas fechas parece mas racional extrapolar directamente las operaciones a -- partir de una tasa de crecimiento de las operaciones obtenida anteriormente.

ANÁLISIS DE LOS DATOS DE 1977. HIPÓTESIS DE CLASIFICACION DE LOS AVIONES.

Aeropuertos y Servicios Auxiliares reporta para 1977 71,850 operaciones nacionales y 35,400 operaciones internacionales.

Del análisis de las tiras de vuelo de ASA del mes de noviembre de 1977, se observó la siguiente repartición de tipos de aviones:

Clase de Aviones	Operaciones Nacionales %	Operaciones Internacionales %
1	22.3	11.2
2	40.0	19.0
3	30.8	53.8
4	0	1.6
5	0.9	14.4
6	0	0

En la tabla siguiente se presenta la clasificación -- por tipo de aviones. El tipo I son aviones con capacidad de asientos de 80 a 110 asientos. El tipo II de 110 a 140 asientos, el tipo III de 140 a 190 asientos, tipo IV son aviones de mediano alcance y gran capacidad, tipo V aviones de largo alcance y gran capacidad y el tipo VI aviones de gran capacidad de dos niveles.

CLASIFICACION POR TIPO DE AVION

1	2	3	4	5	6
BAC 111	B 720	B 707	DC 8 - 63	B 747	B 747 (2 ponts)+
DC 9 -10	B 727	B 727	A 300	DC 10	DC 10 + (allongés)
DC 9 -15	(series 100)	(series 200)		L 1011	
L 188	DC 9 - 30	DC 8- 43			
	DC 9 -32	DC 8 - 51	B 747 ⁺		
	DC 9 -40	DC 8 - 52	B 777 ⁺		
		DC 8 - 53	B 757 ⁺		
	DC 9 -30 ⁺	DC 8 - 55	1011 -400 ⁺		
		DC 8 - 61	A300-B10 ⁺		
		DC 8 - 62	DC-X-200 ⁺		
		IL 62			
		VC 10			

+ Estos aparatos no están aún en servicio.

NUMERO PROMEDIO DE ASIENTOS EN 1977			
CLASE DE AVION	CARACTERISTICAS DE LA CLASE DE AVION	TRANSI- TO NACIONAL	TRANSI- TO INTERNAC.
1	Aviones de corto y mediano alcance de la primera generación, transportando 80 a 110 pasajeros (B 111, DC 9 - 10).	85	90
2	Aviones de segunda generación, con capacidad superior a 110 a 140 asientos (B 727 - 100)	120	120
3	Aviones clásicos de la segunda generación, de 140 a 190 asientos (B 707 DC 8).	160	170
4	Aviones de mediano alcance y gran capacidad, de la tercera generación (motores con gran coeficiente de dilución) A 300.	220	220
5	Aviones de largo alcance y gran capacidad - (DC 10 - B 747).	280	300
6	Aviones de gran capacidad tipo B 747, de dos niveles y DC 10 alargados, previstos a comienzos de los años 1990.	500	500

De la repartición obtenida a partir de 1977, es posible deducir la capacidad del número de asientos del avión promedio, y una estimación del coeficiente de llenado.

Así, si tenemos que en 1977 hubo 5'496,076 pasajeros nacionales incluyendo tránsito nacional y 71,857 operaciones nacionales, sabemos que el número de operaciones es igual al número de asientos ofrecidos entre la capacidad de asientos del avión promedio (C_s).

$$\text{Donde } C_s = (S_1 \times a_1) + (S_2 \times a_2) + (S_3 \times a_3) + (S_4 \times a_4) + (S_5 \times a_5) + (S_6 \times a_6).$$

$$\text{Entonces la capacidad de asientos del avión promedio para vuelos nacionales } C_s + (85 \times 0.223) + (120 \times 0.40) + (280 \times 0.009) = 128.4$$

El número de asientos ofrecidos es igual al número de operaciones por la capacidad C_s , entonces tenemos:

$$\text{Número de asientos ofrecidos} = 71,857 \times 128.4 = 9'226,439$$

$$\text{Como No. Asientos ofrecidos} = \frac{\text{No. Pasajeros}}{\text{Coeficiente llenado.}}$$

Despejando el coeficiente de

$$\text{llenado para 1977 es: } \frac{5'496,076}{9'226,436} = 0.60$$

De esta misma forma se estimaron los siguientes valores para el año de 1977.

	NACIONAL	INTERNACIONAL	GLOBAL
COEFICIENTE DE LLENADO	60.0	39.8	52.0
CAPACIDAD DE ASIENTOS DEL AVION PROMEDIO	128.4	174.0	143.8

Se observa que los coeficientes de llenado de 1977 son muy diferentes en lo que se refiere al coeficiente nacional y al coeficiente internacional.

El coeficiente de llenado nacional se encuentra -- a buen nivel (60%) y aumentará un poco hasta 1994.

En el año 2000, a partir de una previsión directa de operaciones y de una extrapolación de la flota prevista en 1994, se alcanzaría un coeficiente de llenado de -- 66.7% para la alternativa alta, y de 66% para la alternativa baja, cifras muy cercanas del límite máximo de un coeficiente de llenado anual. Más allá de ese límite, -- se observa una pérdida del tránsito de pasajeros.

En lo que se refiere al tránsito internacional, los coeficientes de llenado aumentarán hasta este año, luego se prevee una disminución de ese coeficiente entre los años 1982 y 1986, como resultado de la entrada en servicio de aviones de mediano alcance de la categoría 4; finalmente a partir de 1987 las compañías tratarán de mejorar su rentabilidad para alcanzar en 1994 un coeficiente de 51.8 para la variante alta y 59% para la variante baja.

Resultados de las previsiones de operaciones anuales.

Los siguientes 2 esquemas permiten apreciar en forma conjunta, la evolución de los 3 principales parámetros de una previsión de operaciones.

· TRANSITO NACIONAL

Años	1977-1982	1983-1988	1989-1994	1995-2000
Pasajeros	15%	12.9 %	11 %	11 %
Operaciones	10%	9 %	8.9 %	7.5 %
Coefficiente de llenado	0.3 %	0.3 %	0.3 %	0.7 %
Capacidad en asientos del avión promedio.	4 %	3.4 %	1.7 %	2.6 %

Años	1977-1982	1983-1988	1989-1994	1995-2000
Pasajeros	6.6 %	6 %	5.4 %	5.6 %
Operaciones	2 %	1.1 %	2.6 %	2.1 %
Coefficiente de llenado	1.3 %	1.3 %	2.6 %	3.3 %
Capacidad en asientos del avión promedio.	1.9 %	3.5 %	0.7 %	0 %

EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA DE LA FLETA EN TRABAJO NACIONAL
(EN PORCENTAJE)

AÑOS	CLASE DE AVION					
	1	2	3	4	5	6
1977	22.3	40.0	36.8	0	0.9	0
1978	21.5	39.5	38.0	0	1.0	0
1979	17.0	39.0	42.0	1.0	1.0	0
1980	12.0	37.0	48.0	1.0	2.0	0
1981	6.0	35.5	54.0	1.5	3.0	0
1982	0.5	37.0	54.5	3.0	5.0	0
1983	0	35.0	53.0	5.0	7.0	0
1984	0	33.0	51.0	7.0	9.0	0
1985	0	30.0	49.0	10.0	11.0	0
1986	0	28.0	47.0	13.0	12.0	0
1987	0	24.0	46.5	16.5	13.0	0
1988	0	22.0	43.0	21.5	13.5	0
1989	0	20.0	40.5	26.0	13.5	0
1990	0	19.0	37.5	30.0	13.5	0
1991	0	18.0	29.0	34.0	13.5	0
1992	0	18.0	31.5	37.0	13.5	0
1993	0	17.0	30.5	39.0	13.5	0
1994	0	16.0	30.5	40.0	13.5	0
2000	0	14.0	28.0	42.5	15.5	0

EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA DE LA FLOTA INTERNACIONAL

(EN PORCENTAJE)

Clase de Avión						
	Años	1	2	3	4	5
1977	11.2	19.0	53.8	1.6	14.4	0
1978	10.0	19.0	54.2	2.0	14.8	0
1979	7.5	19.0	56.0	2.5	15.0	0
1980	1.5	18.0	58.0	4.0	16.0	0
1981	0	16.5	58.5	5.5	18.0	0
1982	0	15.0	57.5	7.5	20.0	0
1983	0	14.0	55.0	9.0	22.0	0
1984	0	13.5	51.5	11.0	24.0	0
1985	0	13.0	48.0	13.5	25.5	0
1986	0	12.5	44.5	16.0	27.0	0
1987	0	12.5	40.5	18.0	29.0	0
1988	0	12.5	37.5	20.0	30.0	0
1989	0	12.5	36.0	21.5	30.0	0
1990	0	12.5	33.5	24.0	30.0	0
1991	0	12.5	31.5	25.8	30.0	0.2
1992	0	12.5	29.0	27.0	30.0	0.7
1993	0	12.5	28.0	28.5	30.0	1.0
1994	0	12.5	26.0	30.0	30.0	1.5
2000	0	12.0	15.0	30.0	30.0	3.0

OPERACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES

115

VARIANTE A

Años	Número de Operaciones (x 1000)	Repartición por clase de avión						Coef. de llenado.
		1	2	3	4	5	6	
1977	107.25	20.0	35.45	45.5	0.7	5.6	0	52.0
1978	119.40	21.3	39.5	51.5	0.8	6.3		52.7
1979	130.70	18.5	43.3	60.4	1.9	6.7		53.4
1980	143.10	14.1	45.5	72.6	2.6	8.4		54.2
1981	150.30	7.2	45.8	82.9	3.9	10.5		55.1
1982	156.90	0.6	49.0	86.7	6.7	13.9	0	56.0
1983	171.00		51.2	91.5	10.2	18.1		56.5
1984	182.30		52.1	93.2	14.5	22.5		56.9
1985	196.50		52.0	95.8	21.1	27.6		57.4
1986	210.70		52.45	96.4	28.6	33.25		57.9
1987	220.80		48.1	96.6	37.1	39.0		58.4
1988	238.60	0	48.4	94.3	50.6	45.3	0	59.0
1989	252.80		47.2	91.0	63.7	50.9		59.6
1990	275.80		49.4	90.0	80.0	56.4		60.1
1991	294.00		50.3	86.5	96.1	61.0	0.1	60.6
1992	320.30		55.0	83.4	136.0	67.6	0.3	61.2
1993	341.80		55.8	84.1	128.1	73.3	0.5	61.8
1994	373.80	0	58.1	90.7	144.4	79.8	0.8	62.3
1995	399.10							62.9 ^x
1996	426.30							63.5 ^x
1997	455.40							64.0 ^x
1998	486.60							64.6 ^x
1999	520.10							65.3 ^x
2000	556.00	0	66.7	100.1	209.2	159.1	1.6 ^x	66.0 ^x

x valores estimados

OPERACIONES NACIONALES E INTERNACIONALES

VARIABLE B

Años	Número de Operaciones (x 1000)	Repartición por Clase de Avión						Coef. de Llenado
		1	2	3	4	5	6	
1977	107.25	20.0	35.5	45.5	0.6	5.7		52.0
1978	119.2	21.3	39.4	51.4	0.7	6.4		52.6
1979	129.7	18.4	42.8	59.9	1.9	6.7		53.2
1980	140.2	13.7	44.4	71.2	2.6	8.3		54.0
1981	145.0	6.9	43.9	80.1	3.8	10.3		54.8
1982	149.5	0.5	46.4	82.8	6.3	13.6	0	55.5
1983	160.0		47.4	85.7	9.7	17.4		55.7
1984	167.8		47.4	85.9	13.4	21.3		55.9
1985	177.6		46.3	86.8	19.2	25.6		56.1
1986	187.6		46.2	87.4	25.7	28.9		56.4
1987	194.3		41.9	88.1	32.8	32.2		56.7
1988	206.2	0	41.5	86.9	44.0	35.2		57.0
1989	215.8		40.0	85.9	54.4	36.7		57.2
1990	230.5		41.1	85.1	66.8	38.9		57.5
1991	240.7		41.0	82.2	79.5	40.5	0.1	57.8
1992	255.9		43.7	79.9	90.8	42.8	0.3	58.2
1993	266.6		43.4	80.7	99.5	44.5	0.5	58.6
1994	284.5	0	44.0	85.1	109.5	47.1	0.8	59.0
1995	295.9							60.0 ^x
1996	307.7							61.0 ^x
1997	320.0							62.0 ^x
1998	332.8							63.0 ^x
1999	346.2							64.0 ^x
2000	360.0	0	49.3 ^x	99.2 ^x	146.1 ^x	63.8 ^x	1.6 ^x	69.0 ^x

x valores estimados.

V.4 CARGA

El volúmen de carga es uno de los elementos que permiten definir y dimensionar las instalaciones terminales de un aeropuerto.

Para determinar el volúmen de carga, el método utilizado consistió en vincular su crecimiento con el producto interno bruto del país.

V.4.1 Carga Internacional

La carga internacional, en el AICM, tuvo períodos de alza y baja sucesivas, que hacen problemática cualquier previsión.

Según las fluctuaciones de la política de comercio exterior mexicana, las importaciones crecieron durante el período 67-74 a una tasa media de 14.4% anual. A partir de 1974 hasta 1977, disminuyeron en un 8.4% como promedio anual.

En cuando a las exportaciones, entre 1974-1976 la tasa anual de crecimiento ha sido de 7.6% disminuyendo en 1976, y volviendo a subir entre 1976 y 1977, en un 17.4%.

Por esas diferentes cifras, se ve que no se puede dejar ninguna tendencia.

Con el fin de explicar el desarrollo que tendrá la carga, se han estudiado cierto número de variables. Dichas variables son las siguientes:

El producto interno bruto.

El comercio exterior: las importaciones y exportaciones.

El comercio exterior excluyendo los ponderosos.

Estas variables son representativas de la economía del país y en general, son conocidas con precisión.

La carga internacional, al entrar y al salir por el AICM, representa una parte de las importaciones y de las exportaciones, quedando excluidos de estas últimas los productos ponderosos.

Los productos ponderosos (petróleo, minerales, etc) - nunca son transportados por vía aérea.

Es indispensable conocer las relaciones que existen entre el producto interno bruto, el comercio exterior excluyendo los ponderosos y las entradas y salidas de carga aérea.

En el párrafo V.2.2.3 en la tabla 2 se encuentra el pronóstico del PIB. Para fines de estudio el PIB se considerará en valores constantes de pesos de 1970.

Para saber cual ha sido la evolución del comercio exterior, excluyendo los productos ponderosos se consideraron los siguientes productos de ese tipo: sal, azufre, tierras y piedras, yesos, cales o cementos; minerales metálicos, escorias y combustibles minerales.

En la siguiente tabla se dan los valores en millones de pesos de 1970 de la evolución del comercio exterior excluyendo ponderosos de 1970 a 1977.

EVOLUCION DEL COMERCIO EXTERIOR

EXCLUYENDO PONDEROSOS

(En Millones de Pesos 1970)

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Importaciones totales	28 994	27 033	31 772	41 376	54 283	53 549	52 450	57 960
Importaciones excluyendo ponderosos	27 718	25 628	30 015	38 367	50 098	51 136	48 698	55 242
Exportaciones totales	16 031	16 686	19 576	20 622	22 512	19 253		
Exportaciones excluyendo ponderosos	14 507	15 438	18 345	19 337	20 477	16 567		
Comercio exterior total	45 025	43 720	51 348	61 998	76 795	32 802		
Comercio exterior excluyendo ponderosos	42 225	41 066	48 160	57 644	71 475	67 703		

FUENTE: Dirección de Estadísticas.

El cuadro a continuación da el coeficiente de correlación y el error promedio entre las siguientes variables:

Producto Interno Bruto (PIB)
 Comercio Exterior total (CE)
 Comercio Exterior excluyendo ponderosos (CE HP)
 Importaciones Totales (IMP)
 Exportaciones Totales (EXP)
 Importaciones Totales excluyendo ponderosos (IMP HP)
 Exportaciones Totales excluyendo ponderosos (EXP HP)
 Carga Aérea AICM total (FRAICM TOT)
 Carga aérea AICM importaciones (FR AICM IMP)
 Carga aérea AICM exportaciones (FR AICM EXP)

En el cuadro r es el coeficiente de correlación entre dos variables y EP indica el error promedio obtenido entre los valores reales y los calculados, situados en la recta de regresión.

Se comprueba que el único medio de llegar a la carga aérea en el AICM es el de pasar del PIB al Comercio Exterior excluyendo ponderosos a las importaciones y exportaciones de carga aérea en el AICM; los demás resultados de las correlaciones no son satisfactorios.

Comprobamos que para la relación entre las variables Comercio Exterior excluyendo ponderosos y PIB el coeficiente de correlación es de 0.97, para un error promedio de menos del 1% por consiguiente se obtienen resultados satisfactorios.

Hay que señalar que dichos valores han sido obtenidos estudiando la correlación de los dos datos de economía nacional y utilizando sus valores logarítmicos .

Así se ha podido despejar la relación entre el PIB y el Comercio Exterior excluyendo ponderosos (CE HP) del tipo:

$$CE\ HP = \frac{(PIB)}{2612.523} \cdot 2.08773$$

Para las variables Comercio Exterior excluyendo ponderosos y carga aérea AICM (importaciones) se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.915, con un error promedio de 0.6%.

Se tiene que la relación entre las dos variables es de la forma:

$$(FR\ IMP\ AICM) = 0.5663 (CE\ HP) + 428$$

Y finalmente la relación entre el Comercio Exterior excluyendo ponderosos y la carga aérea de exportación en el AICM da un coeficiente de correlación de 0.898 para un error medio de 0.2%. La relación está dada por la siguiente ecuación:

$$(FR\ EXP\ AICM) = 0.01135 (CE\ HP) + 766$$

Con la ayuda de las 3 ecuaciones dadas anteriormente y con las previsiones del producto interno bruto, pueden calcularse los distintos valores del Comercio Exte--

rior excluyendo ponderosos, y de la carga aérea en el AICM, tanto a la importación como a la exportación.

La fórmula que calcula la carga aérea en importación - ha sido rectificada de tal modo que se obtiene en 1977 el - valor real de esa carga. La rectificación se refiere a la constante 428, cambiada por la constante (-925).

Los resultados de dichos cálculos dan valores de carga en pesos de 1970.

Por otra parte, a partir de las estadísticas recogidas en las aduanas de los aeropuertos se ha calculado el precio por kilogramo de carga aérea a la exportación y a la importación y se ha considerado un valor de \$210.00 de 1970 por kg de carga aérea importación, y un valor de \$ 90.00 de --- 1970 por kg de carga aérea a la exportación.

En el cuadro siguiente se presentan los valores en millones de pesos de 1970 tanto de importaciones como de exportaciones en el AICM, así como las cantidades de carga -- aérea en el AICM en toneladas.

COEFICIENTES DE CORRELACION Y ERRORES PROMEDIO

	PIB	CE	CE HP	IMP	EXP	IMP HP	EXP HP
PIB							
CE	R= 0.947 EP= 1.6%						
CE HP	R= 0.969 EP= 0.8%						
IMP	R= 0.947 EP= 2.1%	R= 0.987 EP= 7.8%					
EXP	R= 0.855 EP= 2.6%	R= 0.905 EP= 21.6%					
IMP HP	R= 0.962 EP= 1.1%		R= 0.949 EP= 5.1%				
EXP HP	R= 0.693 EP= 1.6%		R= 0.696 EP= 14.8%				
FR AICM TOT		R= 0.856 EP= 27%	R= 0.915 EP= 12%				
FR AICM IMP	R= 0.925 EP= 2.7%	R= 0.82 EP= 35%	R= 0.915 EP= 0.6%	R= 0.858 EP= 34%		R= 0.82 EP= 17.7%	
FR AICM EXP	R= 0.945 EP= 1.2%	R= 0.922 EP= 13%	R= 0.898 EP= 0.2%		R= 0.862 EP= 15.9%		R= 0.82 EP= 14.7%

FIGURA 1100 - LAZOS EXTERNALES EN EL ALCU.

Año	Previsión del - PIB MAFINCA en Valores 1970	Comercio exterior - ponderaciones enclui- dos en Valores.	Inyecciones en ALCU en Valores	Exportaciones en ALCU en Valores	Transferencias en ALCU en comisiones	Exposición rec en ALCU en - comisiones	Carga Total en ALCU.
1977	573 450	78 730	3 540	1 670	17 010	18 410	25 250
1978	613 150	83 920	2 110	1 730	19 370	19 470	29 350
1979	649 940	100 420	4 770	1 910	20 070	24 230	42 520
1980	682 940	111 410	5 300	2 000	20 130	22 700	43 070
1981	720 270	128 070	4 840	2 040	20 170	22 770	44 070
1982	774 020	144 490	4 220	2 430	20 000	22 870	44 100
1983	869 770	163 240	3 270	2 410	20 000	22 870	44 730
1984	869 770	163 240	3 270	2 410	20 000	22 870	44 730
1985	921 550	171 380	3 110	2 410	20 000	22 870	44 730
1986	977 270	185 510	12 000	2 410	20 000	22 870	44 730
1987	1 035 910	215 510	12 000	2 410	20 000	22 870	44 730
1988	1 056 640	275 750	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
1989	1 163 530	324 540	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
1990	1 233 750	371 700	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
1991	1 307 510	450 310	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
1992	1 384 200	524 300	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
1993	1 479 710	611 310	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
1994	1 587 750	711 310	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
1995	1 711 010	811 310	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
1996	1 850 100	911 310	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
1997	1 956 150	1 011 310	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
1998	1 976 470	1 111 310	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
1999	2 044 410	1 211 310	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730
2000	2 108 310	1 311 310	14 100	2 410	20 000	22 870	44 730

Valores en millones de dólares constantes de 1970

V.4.2 CARGA NACIONAL

Durante el período 1967-1977, la carga nacional en el AICM estuvo en progresión constante. En ese período se observó una tasa anual de crecimiento de 16.5% en entrada y 16.4% en salida.

Como en el caso de las previsiones de carga internacional, los datos de economía nacional elegidos para servir de base a los pronósticos son: el producto interno bruto, el comercio exterior, la carga nacional en el conjunto del territorio y la carga nacional en el AICM.

Se ha observado que el crecimiento de la carga nacional está en función del desarrollo de la economía nacional. La estructura de la red aérea mexicana hace que por la Ciudad de México transite la mayor parte de la carga nacional.

La carga nacional en el AICM presente una desigualdad importante en entradas y salidas. En los once años observados, las salidas son, generalmente tres veces superiores a las entradas pues la región de la zona Metropolitana agrupa industrias de transformación que reciben en su mayor parte las materias primas no elaboradas por carretera o por vía férrea, por el contrario, los productos elaborados más costosos pero menos voluminosos son transportados por vía aérea cuando las distancias son importantes.

Con la finalidad de efectuar previsiones partiendo de las estimaciones del PIB, se ha analizado las siguientes correlaciones:

- Comercio Exterior = F1 (PIB)
- Carga Nacional = F2 (Comercio Exterior)
- Carga Nacional en el AICM = F3 (Carga Nacional)
- Carga Nacional en el AICM = F4 (PIB)
- Carga Nacional = F5 (PIB)

Estas correlaciones han sido analizadas a partir de las estadísticas presentadas anteriormente.

Correlación Comercio Exterior y PIB.

Los estudios efectuados en otros países contemplan una relación Comercio Exterior PIB una relación del tipo:

$$CE = K PIB^a$$

Para el período 1967-1977 se obtiene la relación siguiente:

$$CE \frac{(PIB)}{201.5} 1.4153$$

El PIB y el Comercio Exterior están expresados en millones de pesos de 1970.

El coeficiente de correlación es de 0.96 y el error promedio es inferior a 1%.

Correlación Carga Nacional y Comercio Exterior

Son dos cantidades de igual naturaleza por lo tanto el volumen de carga aérea está estrechamente vinculado con el volumen de comercio exterior, la relación es lineal.

$$F3 = K (CE) + K2$$

Se obtiene, la relación siguiente:

$$FN = 1.6 CE - 35,000$$

En este caso el comercio exterior está expresado en millones de pesos de 1970, mientras que la carga nacional está expresada en toneladas.

El coeficiente de correlación es de 0.96, sin embargo, el error promedio alcanza valores importantes que hacen poco fiable el hecho de pasar por esta variable.

Correlación Carga Nacional del AICM y Carga Nacional.

Estas cantidades son expresadas en la misma unidad, - por lo que la razón es lineal.

$$\text{Carga AICM} = K (FN) + K2$$

La correlación es la siguiente:

$$\text{Carga AICM} = 0.44 FN - 725$$

Las dos cantidades son expresadas en toneladas.

El coeficiente de correlación es de 0.99 que indica un alto nivel de significación de la variable carga nacional con respecto al conjunto del territorio.

Correlación Carga Nacional del AICM y PIB

La relación es de la forma siguiente:

$$\text{Carga AICM} = K \text{PIB}^a$$

La correlación con estas variables es la siguiente:

$$\text{Carga AICM} = \frac{(\text{PIB})}{11.163} 2.68795$$

Donde el PIB es expresado en millones de pesos (de - 1970) y la carga en el AICM es expresada en toneladas.

El coeficiente de correlación es de 0.96 y el error máximo inferior al 3%.

Correlación Carga Nacional y PIB.

La correlación entre estas variables es la siguiente:

$$\text{Carga Nacional} = \frac{(\text{PIB})}{7894} 2.67116$$

El PIB es expresado en millones de pesos y la carga nacional en toneladas.

El coeficiente de correlación es de 0.97 y el error máximo es inferior al 3%.

Debido a que la Carga Nacional real en 1977 fué de - 116.025 ton. y la carga real en el AICM en 1977 fué de - 50,320, la fórmula para calcular la carga nacional a partir del PIB ha sido modificada de la manera siguiente:

$$\text{Carga Nacional} = \frac{(\text{PIB})}{7350} 2.67116$$

La fórmula para calcular la carga en el AICM a partir del PIB ha sido modificada también para considerar - el valor real de la carga en el AICM en el año de 1977 - (50,320 ton) y es la siguiente:

$$\text{Carga AICM} = \frac{(\text{PIB})}{10,293} 2.68795$$

Esta modificación se debe principalmente a la limitación en cuanto hangares para carga.

En consecuencia, la fórmula que calcula la carga nacional total a partir del PIB ha sido corregida de tal modo, que en 1977 se vuelve a encontrar el valor real, - considerando que la situación actual no permitirá volver a alcanzar en lo inmediato el tránsito que normalmente - deberá esperarse. De este modo la fórmula es la siguiente:

$$\text{Carga Nacional} = \frac{(\text{PIB})}{7350} 2.67116$$

El cálculo directo en los siguientes resultados:

PRONOSTICO DE TRANSITO DE CARGA NACIONAL EN EL AICM

Valores en pesos de 1970, cantidades en toneladas

Años	Previsión del PIB	Carga nacional Total en cantidades	Carga nacional en el AICM en cantidades	Valor Ajustado	
				Carga nacional en cantidades	Carga AICM en cantidades
1977	578 450	94,340	40,780	116,000	50,320
1978	613,150	110,220	47,780	135,530	58,910
1979	649,940	128,810	55,950	158,360	68,950
1980	688,940	150,460	65,480	185,030	80,690
1981	730,270	175,810	76,630	216,190	94,400
1982	774,090	205,450	89,670	252,600	110,420
1983	820,540	239,990	104,870	295,140	129,140
1984	869,770	280,470	122,680	344,850	151,010
1985	921,950	327,730	143,480	402,920	176,560
1986	977,270	382,920	167,760	470,780	206,420
1987	1 035,910	447,310	196,090	550,070	241,300
1988	1 098 050	522,660	229,250	642,680	282,050
1989	1 163 940	610,700	267,980	750,930	329,680
1990	1 233,780	713,520	313,220	877,400	385,330
1991	1 307,810	833,710	366,110	1 025,170	450,350
1992	1 386,280	974,120	427,890	1 197,830	526,320
1993	1 469,450	1 128,220	500,690	1 399,540	615,070
1994	1 557,620	1 329,810	584,390	1 635,250	713,780
1995	1 651,080			1 910,650	839,900
1996	1 750,140			2 232,410	981,530
1997	1 855,150			2 608,380	1 146,960
1998	1 966,460			3 047,670	1 340,250
1999	2 084,450			3 560,940	1 566,090
2000	2 209,540			4 160,610	1 829,940

V.5 PASAJEROS HORARIOS

La mayor parte de estudios de planeación de aeropuertos utilizan los pasajeros horarios para determinar la demanda de capacidad.

Generalmente no se toma como base el pico máximo anual, sino la 30^{ava} hora crítica, por orden de tránsitos decrecientes.

Los pasajeros horarios permiten calcular la superficie de la terminal.

En un aeropuerto, puede repartirse el tránsito total del mismo entre los tránsitos efectuados en cada una de las horas del año.

Es posible clasificar cada una de las horas por orden de importancia decreciente de pasajeros horarios.

Así tendremos una hora crítica según hablemos de la 1ra. o de la 30^{ava} hora. Por ejemplo:

Para el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México consideramos que el aeropuerto tiene un valor de 17 horas útiles diarias, por lo que el número de horas útiles al año sería de 6,200.

La WEA (Western European Airport Association) ha realizado varias encuestas del número de pasajeros anuales y del número de pasajeros pico horario en la 30^{ava} hora según tránsito decreciente de los principales aeropuertos europeos como lo son los aeropuertos de Heathrow, Gatwick, Amsterdam, Orly y Le Bourget.

Los valores de las variables se graficaron logarítmicamente y se obtuvo la recta de regresión que correlaciona estas 2 variables.

Se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\text{Log } T_{30} = 0.82 \text{ Log } \frac{P}{6200} + 2.05$$

Tomando antilogaritmos base "e" tenemos:

$$T_{30} = 7.76 \left(\frac{P}{6200} \right)^{0.82}$$

V.6 OPERACIONES HORARIAS

Las Operaciones Horarias permiten dimensionar el área de estacionamiento de los aviones.

La IATA también realizó una encuesta sobre el número de operaciones horarias y el número de operaciones anuales en algunos aeropuertos europeos obteniendo la siguiente expresión:

$$\text{Log } T_{30}' = 0.835 \text{ Log } \frac{M}{6200} + 1.03$$

o sea:

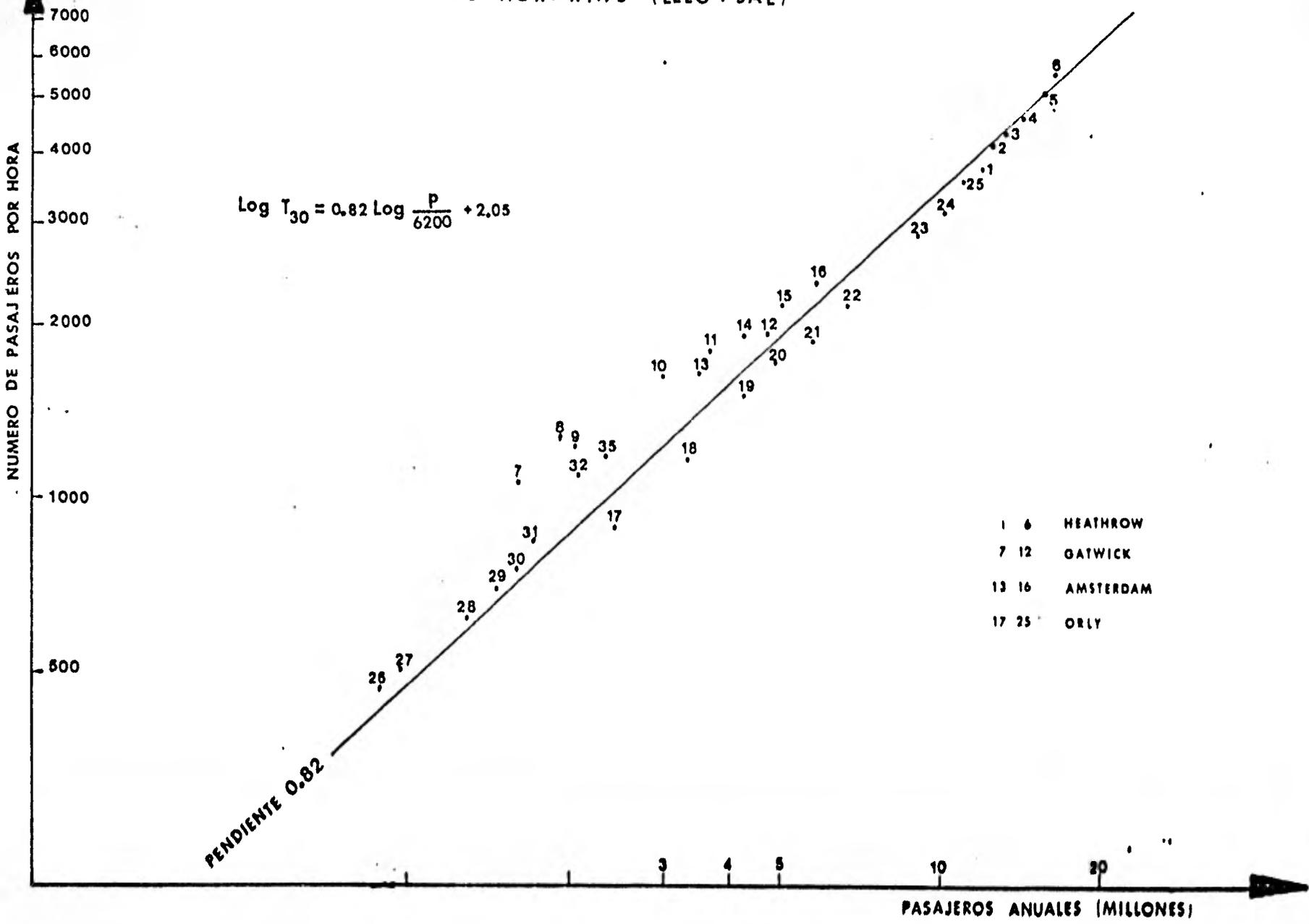
$$T_{30}' = 2.83 \left(\frac{M}{6200} \right)^{0.835}$$

Donde:

T_{30}' = No. de operaciones horarias en la 30^{ava} hora.

M = No. de operaciones anuales.

PASAJEROS HORARIOS (LLEG + SAL)



• NUMERO DE PASAJEROS HORARIOS

AÑOS	VARIANTE A	VARIANTE B
1977	2700	2700
1978	2990	2990
1979	3325	3290
1980	3680	3600
1981	4060	3915
1982	4465	4242
1983	4905	4585
1984	5365	4935
1985	5915	5345
1986	6495	5765
1987	7010	6100
1988	7695	6560
1989	8300	6935
1990	9090	7445
1991	9770	7825
1992	10670	8350
1993	11442	8750
1994	12475	9320

$$\text{Log } T_{30} = 0.82 \text{ Log } \frac{P}{6200} + 2.05$$

V.7 ESTACIONAMIENTO PARA AUTOMOVILES.

De acuerdo a un muestreo realizado por IPESA, del 25 de mayo al 7 de junio de 1977, la cual da el número de lugares de estacionamiento ocupados simultáneamente, se puede encontrar mediante métodos estadísticos usuales; en este caso correlación por el método de mínimos cuadrados, la ecuación que relaciona el número de lugares necesarios en función del tránsito horario de pasajeros de llegada + salida. La relación es la siguiente:

$$\text{Número de lugares} = 350 + 1.11 X (\text{Tránsito horario pasajeros llegada + salida}).$$

Esta expresión se obtuvo correlacionando linealmente los datos estadísticos que se presentan a continuación:

FECHA	TRANSITO HORARIO PAX. LB. + S.	LUGARES DE ESTACIONAMIENTO
15-III-73	1203	1456
16-III-73	1405	1731
17-III-73	1434	1669
18-III-73	1600	1581
19-III-73	1130	1482
20-III-73	1083	1477
25-V- 77	1996	2195
26-V- 77	1942	2658
27-V- 77	1826	3109
28-V- 77	2596	3207
29-V- 77	2461	2913
30-V- 77	1697	2294
31-V- 77	1445	2279
01-VI- 77	1520	2195
02-VI- 77	1689	2539
03-VI- 77	2135	2321
04-VI -77	1774	2986
05-VI -77	1783	2793
06-VI -77	1903	2244
07-VI- 77	1891	2374

Utilizando la correlación mencionada anteriormente:

$$\text{Número de lugares} = 350 + 1.11 X$$

X = Tránsito de pasajeros horarios (Llegada + Salida)

Se obtiene la siguiente demanda de lugares de estacionamiento:

AÑOS	VARIANTE A	VARIANTE B
1977	3347	3347
1978	3669	3669
1979	3290	4002
1980	4435	4346
1981	4857	4695
1982	5306	5058
1983	5795	5439
1984	6305	5827
1985	6915	6282
1986	7559	6799
1987	8131	7121
1988	8891	7631
1989	9563	8048
1990	10440	8614
1991	11194	9035
1992	12193	9618
1993	11442	10062
1994	14197	10695

CAPITULO VI

VI ANALISIS DE LA DEMANDA

VI.1 Antecedentes

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México -- (AICM) prácticamente no ha variado de ubicación desde su nacimiento, cuando se utilizaban los "Llanos de Balbuena" para la operación de la aviación de principios de siglo. De hecho su cercanía al núcleo urbano ha sido un importante factor de desarrollo del transporte aéreo en nuestro país.

Dentro de los límites territoriales actuales, la capacidad del aeropuerto, no podrá ser aumentada en forma suficiente como para hacer frente a la evolución natural de la demanda de tránsito, de aquí a fines de siglo.

Por consiguiente, o bien se acepta no brindar la capacidad de recepción necesaria, y las evasiones de tránsito que de ello se derivan, con todas sus consecuencias -- económicas, o bien se pone en servicio un nuevo aeropuerto en un plazo medio como máximo.

Con anterioridad se habían planteado tres sitios para la ubicación de un nuevo aeropuerto:

La ampliación del aeropuerto actual, Zumpango y Santa Lucía.

La ampliación en el actual aeropuerto presenta el grave inconveniente de costos muy elevados por adquisición -

de terrenos, por encontrarse rodeado de la mancha urbana, situación que se agravará en el futuro con los consiguientes problemas de contaminación ambiental, principalmente por ruido.

Por otra parte, el ubicar una tercera pista paralela exactamente en la localización propuesta por la SCT, - hace diez años, representa un grave conflicto con los asentamientos humanos en la Colonia del Sol, por lo cual el Sub-sector Transporte Aéreo ha propuesto desplazar la tercer pista paralela hacia el Noreste como parte de la - revisión de la propuesta de ampliación del aeropuerto de México.

La experiencia en el Aeropuerto de México ha enseñado que cada dos años es necesario realizar trabajos de - conservación, renivelación y mantenimiento en cada una - de sus dos pistas paralelas. A pesar de las obras terminadas en 1981, será necesario cerrar de nuevo una pista al tránsito por razones de conservación, con el consiguiente problema de demoras, cancelaciones y desquiciamiento del creciente tráfico aéreo.

De lo anterior se deriva la conveniencia y necesidad de iniciar de inmediato la construcción de una tercer pista paralela. Esta tercer pista significa una parte fundamental de la resolución total de problema a corto y largo plazo.

En cuanto al sitio denominado Zumpango aunque cuenta con espacio aéreo y buena calidad de suelos, se encuentra muy alejado de los centros generadores de usuarios, el costo de adquisición de los terrenos en la actualidad ya es alto y en el futuro será un área intensamente urbanizada.

Por otra parte, Santa Lucía comparte los mismos -- problemas de Zumpango pero además los espacios aéreos -- presentan restricciones importantes.

Recientemente se ha considerado la posibilidad de -- ubicar un nuevo aeropuerto en la Zona Norte desecada del Lago de Texcoco.

Este sitio que en el futuro quedará prácticamente al centro de la conurbación, cuenta con infraestructura vial. Este sitio convertiría al aeropuerto en un importante elemento ordenador del espacio urbano.

En cuanto al espacio aéreo es el único sitio en to do el Valle en el cual sería factible construir un sistema de 4 pistas para la operación simultánea por ins-- trumentos.

El sitio propuesto contaría con una extensión de ca si 4000 has que permitiría construir hasta 4 pistas pa- ralelas, espacios para un área terminal con gran capaci- dad, terminales de carga, bases de mantenimiento de Ae- roméxico, Mexicana; zonas de aviación general, zonas co

merciales, hoteleras y zonas industriales.

Se considera la factibilidad técnica de construir pistas sobre el subsuelo del lago de Texcoco a base de pavimentos compensados, pero considero inconveniente la construcción de edificios por el altísimo costo y grandes problemas técnicos en la cimentación de dichos edificios.

Con la información obtenida en el capítulo anterior: pasajeros, operaciones, carga, pasajeros y operaciones horarias; con información estadística que se presenta -- a continuación y considerando elegida una estrategia a -- desarrollar: por ejemplo, la posibilidad de ubicar un -- nuevo aeropuerto en la zona Norte del Lago de Texcoco, -- se presentan en este capítulo los parámetros de proyecto principales (pasajeros, operaciones, carga, etc) que servirían para elaborar el Plan Maestro de un nuevo Aeropuerto en Texcoco.

VI.2 ESTADÍSTICAS

En las tablas siguientes se presentan los datos -- históricos sobre el número de pasajeros movidos por el -- aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.

La información sobre volúmenes de pasajeros anterior a 1967 la proporcionó la Dirección de Aeronáutica Civil de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

A partir de 1967 el Organismo Descentralizado de Aero-
puertos y Servicios Auxiliares, S. A., controla el número
de pasajeros nacionales e internacionales que mueve el ae-
ropuerto Internacional de la Ciudad de México.

Se presentan también estadísticas anuales de operacio-
nes y de carga.

VI.3 AFOROS

Aforo es un conteo de datos en el lugar de los hechos;
en un aeropuerto, es la medición de su actividad.

Se presenta un resumen de los picos horarios en afo-
ros realizados en el AICM.

AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO
ESTADISTICA DE PASAJEROS ANUALES COMERCIALES Y PRIVADOS

AÑO	COMERCIALES EN AVIONES GRANDES				EN AVIONES BER. NIVEL			TOTAL COMERCIAL	PRIVADOS
	NACIONAL	INTERNAC.	TRANSITO	TOTAL	NACIONAL	INTERNAC.	TOTAL		
1967	1'027,038	1'515,131	189,875	-	-	-	-	2'732,044	33,582
1968	1'163,605	1'683,022	195,641	-	-	-	-	3'042,268	31,308
1969	1'255,240	1'767,354	180,935	-	-	-	-	3'206,529	33,886
1970	1'329,082	1'966,678	157,841	-	-	-	-	3'453,601	41,212
1971	1'575,529	2'250,370	135,371	-	-	-	-	3'961,276	41,270
1972	2'263,604	2'059,086	141,985	-	-	-	-	4'464,675	47,383
1973	2'697,459	2'230,981	236,303	-	-	-	-	5'164,743	66,800
1974	3'382,563	2'375,985	295,112	-	-	-	-	6'053,660	77,264
1975	4'144,557	2'416,043	206,698	-	-	-	-	6'767,298	70,455
1976	4'965,612	2'430,906	195,288	-	-	-	-	7'591,806	133,789
1977	5'434,218	2'385,041	206,117	-	-	-	-	8'026,076	242,051
1978	5'498,435	2'952,829	242,672	9'194,936	31,160	1,961	33,121	9'227,057	201,448
1979	6'875,853	3'360,401	206,256	10'384,510	24,451	3,061	27,512	10'412,022	239,062
1980	8'171,998	3'717,307	164,354	12'053,659	57,673	4,007	60,680	12'064,249	216,293
1981	8'383,313	3'079,744	126,516	11'989,573	89,699	8,971	98,670	13'088,243	291,998

ESTADÍSTICA DE OPERACIONES ANUALES COMERCIALES Y FINANCIERAS

AÑO	COMERCIAL, AVIONES GRANDES			AEROPUERTO			TOTAL	MILES DE PASAJEROS
	ENTRADA	SALIDA	TOTAL	ENTRADA	SALIDA	TOTAL		
1967	24,456	17,743	-	-	-	-	42,199	25,000
1968	27,251	20,756	-	-	-	-	48,007	28,000
1969	32,271	24,434	-	-	-	-	56,705	32,000
1970	30,774	24,211	-	-	-	-	54,985	32,000
1971	35,284	27,214	-	-	-	-	62,498	35,000
1972	41,401	31,024	-	-	-	-	72,425	40,000
1973	47,217	37,211	-	-	-	-	84,428	45,000
1974	52,253	41,211	-	-	-	-	93,464	50,000
1975	61,210	46,211	-	-	-	-	107,421	55,000
1976	71,211	51,211	-	-	-	-	122,422	60,000
1977	71,217	51,211	-	-	-	-	122,428	60,000
1978	87,211	61,211	12,211	21,211	21,211	21,211	142,422	65,000
1979	92,211	66,211	17,211	26,211	26,211	26,211	147,422	70,000
1980	97,211	71,211	22,211	31,211	31,211	31,211	152,422	75,000
1981	102,211	76,211	27,211	36,211	36,211	36,211	157,422	80,000

ESTADÍSTICA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE MEXICO, S.F.
ESTADÍSTICA DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE MEXICO, S.F.

AÑO	NACIONAL	ESTADO DE QUERÉTARO	TOTAL
1967	11'633,200	40'077,075	30'041,075
1968	13'620,215	51'057,100	37'437,315
1969	14'120,210	52'120,210	38'240,420
1970	15'000,000	53'000,000	41'000,000
1971	16'000,000	54'000,000	41'000,000
1972	21'000,000	55'000,000	52'000,000
1973	26'000,000	56'000,000	62'000,000
1974	27'000,000	57'000,000	64'000,000
1975	34'000,000	58'000,000	72'000,000
1976	41'000,000	59'000,000	80'000,000
1977	50'000,000	60'000,000	90'000,000
1978	58'000,000	61'000,000	100'000,000
1979	67'000,000	62'000,000	110'000,000
1980	67'000,000	63'000,000	100'000,000
1981	68'000,000	64'000,000	100'000,000

PUBLICADO POR EL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS

ATRIENSO INTERNACIONAL EN LA CIUDAD DE MEXICO
 RESUMEN DE LOS DATOS MUESTRALES DE AVIONES QUE
 OBTUVIERON EL SERVICIO EN LA AEROPUERTO DE MEXICO.

AÑO	POSICIONES SIMULTANEAS DE AVIONES	TAMBIEN EN MEXICO - EJEMP	OPERACIONES EN MEXICO EJEMP	OPERACIONES EN MEXICO EJEMP
1967	14	975	10	600
1968	15	-	-	-
1969	21	-	-	-
1970	24	1,251	-	-
1971	19	1,145	-	-
1973	17	1,100	-	-
1974	23	-	-	1,400
1977	27	1,100	-	1,400

FUENTE: DIRECCION DE EVALUACION DE SERVICIOS AEROPORTUARIOS.

ESTADÍSTICA DE PASAJEROS Y OPERACIONES COMERCIALES DE COMPAÑÍAS NACIONALES QUE SE MOVIERON EN EL AICM EN 1978.

	A M S A				
	PASAJEROS		ANUALES COMERCIALES		
	LLEGADA	SALIDA	TOTAL	TRANSITO	TOTAL
NACIONAL	1'113,069	1'104,480	2'217,549	68,743	2'286,292
INTERNACIONAL	182,533	162,658	345,191	8,735	353,926
T O T A L	1'295,602	1'267,138	2'562,740	77,478	2'640,218

OPERACIONES ANUALES COMERCIALES

NACIONAL	12,326	12,336	24,662
INTERNACIONAL	3,386	3,047	6,433
T O T A L	15,712	15,383	31,095

	C M A				
	PASAJEROS		ANUALES COMERCIALES		
	LLEGADA	SALIDA	TOTAL	TRANSITO	TOTAL
NACIONAL	1'763,092	1'766,123	3'529,215		3'529,215
INTERNACIONAL	265,521	266,491	532,012	17,258	569,270
T O T A L	2'028,613	2'032,614	4'061,227	17,258	4'078,485

OPERACIONES ANUALES COMERCIALES

NACIONAL	13,139	13,139	26,278
INTERNACIONAL	5,914	5,914	11,828
T O T A L	19,053	19,053	38,106

VI.4 ANALISIS DE LA DEMANDA

VI.4.4 Pasajeros Comerciales Anuales

Este análisis se realizó utilizando: las estadísticas de 1978 anuales de A.S.A., estadística de Aeroméxico, S.A. y Mexicana de Aviación relativas al año de 1978, se obtuvieron los siguientes valores:

Pasajeros Totales	9'227,057
Pasajeros Nacionales con Tránsito	6'098,338
Tránsito Nacional	68,743
Pasajeros Internacionales con Tránsito.	3'128,819
Tránsito Internacional	173,929
Pasajeros nacionales que mueven - Aeroméxico y Mexicana.	5'815,507
AMSA	2'286,292
CMA	3'529,215
Pasajeros internacionales que mueven Aeroméxico y Mexicana.	923,196
AMSA	353,926
CMA	569,270
Pasajeros Internacionales de Cías. Extranjeras: 3'128,819 - 923,196 =	2'205,523
Pasajeros Nacionales que mueven las líneas Alimentadoras (6'098,338 - 5'815,507)	282,831

De estos datos estadísticos se desprenden las siguientes relaciones:

$$\text{Pasajeros Nacionales con Tránsito} = \frac{6'098,338}{9'227,057} = 0.66$$

$$\text{Pasajeros Internacionales} = \frac{3'128,819}{9'227,057} = 0.34$$

$$\text{Pasajeros Internacionales de las Compañías Nacionales.} = \frac{923,196}{3'128,719} = 0.30$$

$$\text{Pasajeros Internacionales de las Cías. Extranjeras.} = \frac{2'205,523}{3'128,719} = 0.70$$

$$\text{Pasajeros Nacionales AMSA} = \frac{2'286,292}{5'815,507} = 0.40$$

$$\text{Pasajeros Internacionales AMSA} = \frac{353,926}{923,196} = 0.38$$

$$\text{Pasajeros Nacionales CMA} = \frac{3'529,215}{5'815,507} = 0.60$$

$$\text{Pasajeros Internacionales CMA} = \frac{569,270}{923,196} = 0.62$$

De las relaciones para pasajeros nacionales observamos lo siguiente:

Compañía Mexicana de Aviación, S. A. maneja el 60% del total de tránsito de pasajeros nacionales.

Aeroméxico transporta el 40% de dicho tránsito.

El Tránsito internacional lo podemos dividir en -
dos:

1. Tránsito internacional de Compañías Nacionales.
2. Tránsito internacional de Compañías Extranjeras.

Dentro del tránsito internacional de las Compañías Nacionales se observó que:

Compañía Mexicana de Aviación, S. A., mueve el 18% del total de tránsito internacional.

Aeroméxico, S. A. transporta el 12% del total de -- tránsito internacional.

Las Compañías Extranjeras manejan el 70% restante.

PASAJEROS COMERCIALES ANUALES PARA EL AEROPUERTO
DE LA CIUDAD DE MEXICO EN TEXCOCO
(EN MILLONES)

CONCEPTO		PROYECCION	A Ñ O		A Ñ O	
		A Ñ O	1982	1988	1994	2000
AUSA	ORIGEN Y DESTINO		4.048	7.222	16.853	31.400
	TRANSITO		0.130	0.230	0.540	1.000
	T O T A L		4.178	7.452	17.393	32.400
CASA	ORIGEN Y DESTINO		-	-	26.090	48.600
	TRANSITO		-	-	0.0	
	T O T A L		-	-	26.090	48.600
TOTAL NACIONALES			4.178	7.452	43.482	81.000
CIAS. NACIONALES	AUSA	ORIGEN Y DESTINO	0.390	0.537	0.772	1.056
		TRANSITO	0.010	0.012	0.016	0.024
		T O T A L	0.400	0.549	0.790	1.080
	CASA	ORIGEN Y DESTINO	-	-	1.148	1.570
		TRANSITO	-	-	0.037	0.050
		T O T A L	-	-	1.185	1.620
TOTAL NACIONALES			0.400	0.549	1.975	2.700
CIAS. INTERNACIONALES	ORIGEN Y DESTINO		2.147	2.947	4.241	5.796
	TRANSITO		0.187	0.256	0.369	0.504
	TOTAL EXTRANJEROS		2.334	3.203	4.610	6.300
TOTAL INTERNACIONALES			2.334	3.203	4.610	6.300
GRAN TOTAL			6.912	11.203	50.008	90.000

OPERACIONES COMERCIALES ANUALES PARA EL AEROPUERTO
DE LA CIUDAD DE MEXICO EN TEXCOCO
(EN MILES)

CONCEPTO		PROYECCION	A Ñ O		A Ñ O	
		A Ñ O	1985	1986	1994	2000
AISA	LLEGADA		27.2	41.0	80.750	124.625
	SALIDA		27.2	41.0	80.750	124.625
	TOTAL		54.4	82.0	161.500	249.250
CMA	LLEGADA		-	-	80.750	124.625
	SALIDA		-	-	80.750	124.625
	TOTAL		-	-	161.500	249.250
TOTAL NACIONAL			54.4	82.0	323.000	498.500
CIAS. NACIONALES	AISA	LLEGADA	2.216	2.298	3.537	4.003
		SALIDA	2.216	2.298	3.535	4.003
		TOTAL	4.432	4.596	7.073	8.006
	CMA	LLEGADA	-	-	3.537	4.004
		SALIDA	-	-	3.537	4.003
		TOTAL	-	-	7.074	8.007
TOTAL COMPAÑIAS NACIONALES			4.432	4.596	14.147	16.013
CIAS. INTERNACIONALES	LLEGADA		15.919	16.503	18.327	20.743
	SALIDA		15.919	16.504	18.326	20.744
	TOTAL COMPAÑIAS EXTRANJERAS		31.838	33.007	36.653	41.487
TOTAL INTERNACIONALES			31.838	33.007	50.800	57.500
GRAN TOTAL			90.608	119.603	373.800	556.000

PROYECTO DE CANTA ANUAL EN EL MUNICIPIO DE ENRIQUICO
(DISTRITO FEDERAL)

AÑO	INSTRUMENTOS PROYECTADOS	AREA PROYECTADA	MONTO DE PROYECTO	AREA PROYECTADA	MONTO DE PROYECTO	AREA PROYECTADA	MONTO DE PROYECTO
1982	37,142	5,595	11,711	31,250	11,725	31,250	11,725
1986	74,000	17,187	10,911	60,813	10,911	60,813	10,911
1994	217,500	55,172	31,114	162,328	31,114	162,328	31,114
2000	477,116	77,116	69,116	408,000	69,116	408,000	69,116

PASAJEROS HORARIOS COMERCIALES EN EL AEROPUERTO DE --
 TEXCOCO.

El criterio que se siguió para el cálculo de pasajeros horarios fue utilizando la fórmula de la 30^{ava} hora.

$$T_{30} = 7.76 \left(\frac{P}{6200} \right)^{0.82} \times 1.10$$

T_{30} = Pasajeros horarios

P = Pasajeros anuales en millones.

Esta ecuación tiene una incertidumbre de aproximadamente el 10% sobre los valores obtenidos para la 30^{ava} hora y corresponde a la dispersión de los resultados registrados en los distintos aeropuertos.

La tabla siguiente muestra los pasajeros horarios que demandaría el nuevo aeropuerto de la Ciudad de México en Texcoco.

PASAJEROS EN HORA CRITICA PARA EL AEROPUERTO
DE LA CIUDAD DE MEXICO EN TEXCOCO

CONCEPTO		PROYECCION	AÑO		AÑO	
		AÑO	1982	1983	1984	2000
A E S A	NAC.	LLEGADAS	983	1,580	3,166	5,226
		SALIDAS	983	1,580	3,166	5,226
		LLEGADA+ SALIDA	1,736	2,750	5,589	9,226
		TRANSITO	103	165	333	803
		T O T A L	1,781	2,863	5,736	9,610
A E S A	INT.	LLEGADAS	144	188	253	325
		SALIDAS	144	187	253	325
		LLEGADA+ SALIDA	255	331	446	574
		TRANSITO	13	15	20	31
		T O T A L	270	337	455	587
TOTAL PARCIAL		1,920	2,058	1,989	9,615	
A E S A	NAC.	LLEGADAS	-	-	4,530	7,590
		SALIDAS	-	-	4,530	7,590
		LLEGADA+ SALIDA	-	-	7,998	13,399
		TRANSITO	-	-	-	-
		T O T A L	-	-	7,998	13,399
A E S A	INT.	LLEGADAS	-	-	350	414
		SALIDAS	-	-	350	415
		LLEGADA+SALIDA	-	-	618	801
		TRANSITO	-	-	37	43
		T O T A L	-	-	634	819
TOTAL PARCIAL		-	-	8,295	12,322	
A E S A + USA	NAC.	LLEGADAS	983	1,580	6,818	11,255
		SALIDAS	983	1,580	6,817	11,255
		T O T A L	1,711	2,863	12,159	20,370
	INT.	LLEGADAS	144	188	533	689
		SALIDAS	144	187	533	689
T O T A L		270	337	966	1,245	
TOTAL PARCIAL		1,920	3,024	12,611	20,615	
PASAJEROS EXTRANJEROS	NAC.	LLEGADAS	505	753	1,022	1,246
		SALIDAS	584	753	1,021	1,346
		LLEGADA+SALIDA	1,022	1,317	1,803	2,377
		TRANSITO	139	130	243	314
	T O T A L		1,105	1,417	1,824	2,511
TOTAL INTERNACIONAL		1,250	1,919	2,086	3,335	
GRAN TOTAL		2,691	4,000	13,650	22,254	

CAPITULO VII

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Transporte aéreo en la Ciudad de México alcanzó en 1981 cerca de 13.0 millones de pasajeros; su crecimiento, en los últimos 20 años, ha sido del 13% anual correspondiendo al sector doméstico una tasa del 18% anual.

Sobre estas bases se desarrolló un modelo econométrico para el pronóstico de la demanda, la cual de acuerdo con tendencias conservadoras, alcanzará en 1990, el orden de 27 millones de pasajeros y más de 50 millones en el año 2000. De acuerdo con otras estimaciones, los volúmenes de actividad podrían ser de 34 millones y más de 80 millones en los años señalados.

El análisis de capacidad de cada uno de los elementos del aeropuerto determinó la existencia de dos elementos de restricción:

a) El sistema de pistas, que puede atender un máximo de 250,000 operaciones anuales, que ya se presentan en la actualidad tomando en cuenta todos los tipos de aviación que operan, o que son las correspondientes al pronóstico de 1990 para la aviación comercial.

b) El área de plataformas se encuentra limitada a un máximo de 52 posiciones simultáneas, adecuadas para dar servicio a 18 millones de pasajeros anuales, volumen que debería presentarse hacia 1985.

Se analizó la utilización óptima del sistema de pistas, determinándose que un elemento de conflicto era per

mitir la operación por todo tipo de aeronaves en ellas, -- lo que por la diferencia en sus velocidades de aproximación, creaba demoras excesivas; ello determinó la conveniencia de segregar los diversos tipos de actividad. El desplazamiento de la aviación ligera a otro aeropuerto, aunado a la construcción de nuevos rodajes en el actual, permitiría ampliar el horizonte de saturación cuando menos hasta 1984. Posteriormente a esa fecha sería necesario desplazar toda la aviación no comercial del actual -- aeropuerto, lo cual permitiría al sistema de pistas dar servicio hasta 1987, aunque con algunas restricciones.

El área terminal por su parte, planteará problemas de expansión después de 1985; equilibrar la capacidad del -- sistema de pistas con el de área terminal después de 1985, requeriría de la construcción de una nueva área terminal -- en el lado opuesto del aeropuerto, a un costo muy elevado.

Esta acción, por otra parte encuentra limitada su -- efectividad en el tiempo, puesto que a más tardar en -- 1990 deberá entrar en operación una nueva pista.

Una estrategia podría desarrollarse de acuerdo con -- los siguientes lineamientos:

Acondicionar una Base de la Fuerza Aérea Mexicana en el Valle de México, para trasladar de inmediato a ella a la aviación General Deportiva y de Enseñanza.

Mejorar el actual aeropuerto para permitir la adecuada atención de 15 millones de pasajeros.

Iniciar la construcción de un nuevo aeropuerto, ubicado en la zona Noroeste del Lago de Texcoco para atender el 60% de las operaciones comerciales y aproximadamente 10 años después deberá tener capacidad para atender el 100% de ellas y el 50% de las de Aviación general compatible.

Mantener en operación, el actual aeropuerto cuando menos unos 10 años más con el 40% de las operaciones comerciales y el 100 % de las de aviación general compatible.

Hacia 1990, una vez que las inversiones en el actual aeropuerto hayan sido amortizadas, decidir entre su posible cierre o mantenerlo en operación para aviación general.

Otra estrategia para resolver el problema de transporte aéreo hasta el año 2000 es la ampliación del actual aeropuerto, unido a la ampliación del aeropuerto de Santa Lucía.

Esta estrategia se puede desarrollar de la siguiente manera:

Terminar las obras de México y de Santa Lucía para atender la demanda más allá de 1963, utilizando el aeropuerto de México para la aviación comercial, oficial y privada de turboaviones; utilizar el aeropuerto de San

ta Lucía para la Fuerza Aérea Militar, la aviación de escuelas y la aviación general no compatible.

Enseguida, construir una pista paralela en el Aeropuerto de México, un nuevo edificio y área terminal para atender la demanda hasta 1993.

Finalmente, construir otra pista paralela en el Aeropuerto de México en 1994 y otra pista en Santa Lucía para atender la demanda aeroportuaria del Valle de México hasta más allá del año 2000.

Cualquiera que sea la solución al problema del Transporte Aéreo en la Zona Metropolitana es de primordial importancia conocer con cierto grado de detalle, las previsiones que se espera tener en el futuro mediano e inmediato sobre la demanda de transporte aéreo en la zona Metropolitana.

B I B L I O G R A F I A

- I.- PLANNING AND DESIGN OF AIRPORTS. ROBERT HORONJEFF.
SEGUNDA EDICION.
- II.-NORMAS Y METODOS INTERNACIONALES RECOMENDADOS PARA AERODROMOS, ANEXO 14 (OACI).SEPTIMA EDICION.
JUNIO DE 1976.
- III.-AIRPORT CAPACITY CRITERIA USED IN LONG-RANGE PLANNING.FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA).DICIEMBRE DE 1969.
- IV.-METODOLOGIA PARA UN MODELO ECONOMETRICO CAUSAL PARA EL AICM. IMPOS, A.C. MEXICO.
- V.-ESTUDIO TECNICO Y SOCIO-ECONOMICO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO. PERSPECTIVAS A MEDIANO Y LARGO PLAZO. SOGELERG AEROPORT DE PARIS.
JUNIO DE 1979.

B I B L I O G R A F I A

I.- PLANNING AND DESIGN OF AIRPORTS. ROBERT HORONJEFF.
SEGUNDA EDICION.

II.-NORMAS Y METODOS INTERNACIONALES RECOMENDADOS PA-
RA AERODROMOS, ANEXO 14 (OACI).SEPTIMA EDICION.
JUNIO DE 1976.

III.-AIRPORT CAPACITY CRITERIA USED IN LONG-RANGE PLA-
NNING.FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA).DICIEM-
BRE DE 1969.

IV.-METODOLOGIA PARA UN MODELO ECONOMETRICO CAUSAL
PARA EL AICM. IMPOS, A.C. MEXICO.

V.-ESTUDIO TECNICO Y SOCIO-ECONOMICO AEROPUERTO INTER-
NACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO. PERESPECTIVAS A
MEDIANO Y LARGO PLAZO. SOGELERG AEROPORT DE PARIS.
JUNIO DE 1979.