

139 2g



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ANALISIS CRITICO DEL AEROPUERTO  
DE LA CD. DE CUERNAVACA

T E S I S  
Que para obtener el Título de  
INGENIERO CIVIL  
p r e s e n t a

SAUL TORRES ORIGEL



FAULA DE ORIGEM

MEXICO, D. F.

1990



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

TITULO : ANALISIS CRITICO DEL AEROPUERTO DE LA CIUDAD  
DE CUERNAVACA

C A P I T U L O S

1. INTRODUCCION.

1.1 INTRODUCCION.

1.2 CLASIFICACION DE LOS AEROPUERTOS.

1.3 PLANEACION DE AEROPUERTOS.

1.3.1 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD EN LOS AEROPUERTOS.

2. ANTECEDENTES.

2.1 DATOS FISICO - GEOGRAFICOS.

2.2 SOCIOECONOMIA DEL ESTADO.

2.2.1 CUERNAVACA.

2.3 INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL ESTADO.

2.3.1 SISTEMA CARRETERO.

2.3.2 SISTEMA FERROVIARIO.

2.3.3 SISTEMA AEROPORTUARIO.

3. ANALISIS DE DEMANDA.

3.1 ZONAS DE INFLUENCIA.

3.2 ESTUDIO DE RUTAS.

3.3 PRONOSTICOS DE DEMANDA.

4. LOCALIZACION DEL AEROPUERTO.

## 5. DISEÑO DEL AEROPUERTO.

### 5.1 PISTAS

5.1.1 ESTUDIO DE VIENTOS.

5.1.2 LONGITUD DE DESPEGUE REQUERIDA POR LOS AVIONES.

5.1.3 CALCULO DE DISTANCIAS DECLARADAS.

5.1.4 ANALISIS DE LA PISTA DEL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA.

5.1.5 ANCHO DE PISTA.

5.1.6 FRANJAS DE PISTA.

### 5.2 ZONA TERMINAL

5.2.1 PLATAFORMAS.

5.2.1.1 PLATAFORMAS TERMINALES.

5.2.1.2 DIMENSIONAMIENTO DE PLATAFORMAS.

5.2.1.3 ANALISIS DE LA PLATAFORMA DEL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA.

5.2.2 EDIFICIO TERMINAL.

5.2.3 ZONA DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

5.2.4 CUERPO DE RESCATE Y EXTINCION DE INCENDIOS.

### 5.3 AYUDAS VISUALES.

## 6 CONSTRUCCION.

### 6.1 PAVIMENTOS.

6.1.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES.

6.1.1.1 FUNCION DE LAS DISTINTAS CAPAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.

6.1.2 PAVIMENTOS RIGIDOS.

6.1.3 DISTRIBUCION DE CARGAS EN PAVIMENTOS.

6.1.4 DISEÑO DE PAVIMENTOS.

6.1.5 DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA EL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA.

### 6.2 CAMINO DE ACCESO.

## 6.3 EVALUACION FINANCIERA

6.3.1 ASPECTOS TECNICOS.

6.3.2 ASPECTOS FINANCIEROS.

6.3.3 ASPECTOS ECONOMICOS.

6.3.4 ASPECTOS INSTITUCIONALES.

6.3.5 EVALUACION FINANCIERA Y ECONOMICA.

6.3.5.1 INGRESOS.

6.3.5.2 EGRESOS.

6.3.6 EVALUACION ECONOMICA.

6.3.7 ANALISIS FINANCIERO DEL AEROPUERTO DE CUERNAVACA.

6.3.7.1 CALCULO DE INGRESOS Y EGRESOS

UTILIZANDO LOS PRONOSTICOS DE DEMANDA.

6.3.7.1.1 INGRESOS Y EGRESOS PARA EL AÑO DE 1988.

6.3.7.1.2 INGRESOS Y EGRESOS PARA EL AÑO DE 1990.

6.3.7.1.3 INGRESOS Y EGRESOS PARA EL AÑO 2000.

6.3.7.2 CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO PARA EL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA CON DATOS DE PRONOSTICOS.

6.3.7.3 CALCULO DE INGRESOS Y EGRESOS UTILIZANDO UN MODELO ESTADISTICO DE DEMANDA.

6.3.7.3.1 INGRESOS Y EGRESOS PARA EL AÑO DE 1988.

6.3.7.3.2 INGRESOS Y EGRESOS PARA EL AÑO DE 1990.

6.3.7.3.3 INGRESOS Y EGRESOS PARA EL AÑO 2000.

6.3.7.4 CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO PARA EL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA CON DATOS DEL MODELO ESTADISTICO DE DEMANDA.

## **7. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.**

### **7.1 COMENTARIOS.**

### **7.2 CONCLUSIONES.**

## 1) INTRODUCCION

### 1.1 INTRODUCCION

El hombre, desde los más remotos tiempos siempre se ha enfrentado con el reto de conquistar los medios ajenos a su naturaleza, como el agua y el aire. Gracias al constante desarrollo de la ciencia y al tener a la tecnología como aliado, es como ha podido dominar éstos medios.

En donde podemos encontrar el mejor ejemplo de este dominio del hombre sobre la naturaleza es en la realización de volar. El desarrollo de la aviación desde el primer vuelo realizado por los hermanos Wright en 1903, ha sufrido una evolución tan rápida y tan grande, que ha requerido de la participación de un grupo de profesionistas tan heterogenio para su desarrollo, ya que podremos mencionar que en la aviación intervienen científicos, ingenieros, industriales, médicos y profesionistas en casi todas las ramas del conocimiento humano.

Esta evolución ha convertido al transporte aéreo en una actividad necesaria para el desarrollo de la economía del mundo entero. En México la aviación tuvo su desarrollo como el resultado de su crecimiento económico en los principios de siglo, teniendo las primeras operaciones aeroportuarias en llanos, utilizados por la aviación deportiva y militar, ya que las características de las aeronaves en esa entonces, no requerían más que pequeñas franjas de terreno planas y libres de maleza y piedras, para despegar y aterrizar.

El incremento en el número de aeronaves, operaciones, movimiento de correo y carga, exigieron la apertura de pistas, que no eran otra cosa que una superficie de tierra compactada y nivelada, así como rudimentarios hangares, bodegas y oficinas. Así fueron los primeros campos para la aviación civil en México, localizados en Tampico y Tuxpan, además de los existentes en los llanos de Balbuena, en la Capital del País, que era una base aérea militar.

A fines de la década de los cincuentas, se introdujo en México la operación con aeronaves de retroimpulso, lo que vino a plantear una nueva serie de necesidades. Para satisfacerlas se tuvo que recurrir a un plantamiento y soluciones que fueran innovadoras en la operación aeroportuaria. También se requería de un sistema de asistencia para la navegación aérea, que permitiera el desenvolvimiento del aerotransporte a la par con el desarrollo, en el que se encontraba el país, debiendo responder a las crecientes necesidades que se exigían en la materia. Por este motivo, es a principios de 1965, cuando se integra la Comisión de Planeación de Aeropuertos, con representantes de la Secretaría de Obras Públicas, de Radio Aeronáutica Mexicana, de Aeronaves de México, de la Compañía Mexicana de Aviación y el Colegio de Pilotos Aviadores.

Los trabajos realizados por esta comisión, fueron el primer paso para la integración de una red Aeroportuaria, que hasta entonces había crecido de manera anárquica, intentando satisfacer únicamente a la demanda del presente y cuyos Aeropuertos más importantes, en su mayoría, eran propiedad de las empresas aéreas que operaban en el País.

Los trabajos comenzaron y en el periodo de 1966-1970, se logró que el 60% de los Aeropuertos comerciales fueran adecuados para turborreactores, contra el 25% que se tenía al principio del programa.

Posteriormente y durante el periodo 1970-1976, se llevaron a cabo obras de ampliación y modernización de 25 Aeropuertos. Algunos de ellos apenas habían sido puestos en servicio y requerían ya de ampliaciones para atender a la demanda que había sobrepasado a los pronósticos más optimistas.

También se construyeron siete nuevos aeropuertos, en tres de los cuales fue posible la operación de aviones Turbireactores y se iniciaron siete más, para el mismo tipo de aviones.



En el período de 1976-1982 se logró la terminación de nueve Aeropuertos para aviones de alcance medio, se inició la construcción de cuatro, y se continuo en la ampliación y mejoramiento de diecinueve más.

En el período de 1983-1988 se incorporaron a la Red Federal 14 nuevos Aeropuertos que representan casi el 25% de la Red Actual, la cual ha quedado, tras varios ajustes, configurada en 58 Aeropuertos, de los cuales 32 son Internacionales, 20 Nacionales y 6 Regionales; en 52 de ellos es posible la operación de Aeronaves Turborreactoras.

Los últimos aeropuertos incorporados a la Red fueron Aguascalientes, Ciudad Victoria y Los Mochis, en 1983; Morelia en 1984; Puebla, Puerto Escondido, San Luis Potosí, Toluca y Saltillo en 1985; los aeropuertos regionales de Tlaxcala, Querétaro e Isla Mujeres en 1986 y finalmente el Aeropuerto de Colima y el de Bahía de Huatulco en 1987.

Teniendo en cuenta que las tasas de crecimiento del movimiento aeroportuario, ha descendido en los últimos años por la crisis económica que afectó al país, pero se sigue teniendo un importante movimiento de pasajeros en la Red Aeroportuaria.

Así, durante 1988, en la Red de Aeropuertos se tuvo un movimiento de 26.5 millones de pasajeros y 967,000 operaciones comerciales de itinerario.

Los años de 1988-1989 se convierten en un parteaguas para el transporte aéreo nacional por las profundas modificaciones ocurridas en este período, como han sido la creación de la nueva empresa de Aerovías de México, el desarrollo e impulso de varias líneas aéreas regionales y la reprivatización de Mexicana de Aviación, acontecimientos que están produciendo, junto con las medidas de modernización del transporte aéreo, un nuevo crecimiento del mismo.

El Plan Nacional de Desarrollo 1989-1994 considera lo anterior y prevé en el caso específico del transporte aéreo y su infraestructura, el modernizar la Red Troncal de Aeropuertos para resolver el congestionamiento en las áreas saturadas de las instalaciones de mayor intensidad de tráfico, el impulso a la inversión de los gobiernos de los estados y de los particulares en la ampliación de terminales de pasajeros y en servicios de ayuda a la navegación aérea y el estímulo del desarrollo de la industria aeronáutica con participación privada.

Contempla también, el resolver el problema del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, estableciendo un sistema Aeroportuario Metropolitano, que atienda eficientemente la demanda de tráfico y facilite las labores de mantenimiento y operación, así como mejore la atención a los usuarios y la eficiencia en la presentación de servicios en todos los aeropuertos.

Dentro de los principales objetivos planteados dentro del Plan Nacional de Desarrollo, es el de estimular el uso óptimo a nivel regional de la capacidad instalada, teniendo la importancia de alimentar de manera eficiente a la Red Troncal.

El estudio completo de todas las inversiones que en infraestructura de comunicaciones se realizarán deberán de tomar en cuenta a las obras que requieran de mayor prioridad, destinando los recursos a las obras que brindan el mayor beneficio a la comunidad.

La Red Aeroportuaria Nacional se ha clasificado, para efectos de análisis y dadas sus diversas características, en cuatro grandes grupos de aeropuertos: Fronterizos (9), Metropolitanos (4), Turísticos (16) y de centros regionales (29).

## 1.2) CLASIFICACION DE LOS AEROPUERTOS

Dadas las características que tienen los diferentes aeropuertos en el mundo es necesario el poder clasificarlos dependiendo de sus características físicas, y a la vez de poder relacionar las numerosas especificaciones concernientes a los aeródromos, con el fin de suministrar una serie de instalaciones aeroportuarias que convengana a los aviones destinados a operar en el aeródromo. Esta clasificación fue realizada por la O.A.C.I ( Organización de Aviación Civil Internacional ), siendo así como por medio de claves es posible saber las magnitudes de los aeródromos.

La tabla 1.1 ( página siguiente ) tomada del Anexo 14 , publicado por la O.A.C.I relaciona principalmente la máxima longitud de campo de los aviones, para el cual se ha diseñado el aeropuerto. También toma en cuenta la envergadura y la anchura de exterior del tren de aterrizaje principal del avión más grande que se prevea operar en el aeródromo.

## 1.3) PLANEACION DE AEROPUERTOS

La planificación se ha convertido en una de las principales herramientas para la creación de obras que sean coherentes con las demandas y los costos. El plan más eficiente de un aeropuerto, considerado en conjunto, es aquel que proporciona la capacidad necesaria para los movimientos de aeronaves, pasajeros, mercancías y vehículos, junto con la máxima comodidad para los pasajeros, explotadores y el personal, con la menor inversión de capital y gastos de operación.

Para poder llegar a este plan, es necesario la creación de un plan general de desarrollo, ya que los aeropuertos podemos considerarlos como personas, que nacen, crecen, se desarrollan y mueren.

ELEMENTO 1 DE FICHA		ELEMENTO 2 DE CURSO		
NUMERO DE CLAVE	LONGITUD DE CAMPO DE REFERENCIA DEL AVION	LETRA DE CLAVE	EMPEZO DE CLAVE	ACTUACION EXTERIOR DEL PAIS DE ORIGINIZAJE PRINCIPAL
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	HUBOS DE BOMBA	A	HASTA 15m	HASTA 4.0m (inclusive)
2	DESDE 300m HASTA 1200m (inclusive)	B	DESDE 15m HASTA 24m (inclusive)	DESDE 4.0m HASTA 6.0m (inclusive)
3	DESDE 1200m HASTA 1800m (inclusive)	C	DESDE 24m HASTA 36m (inclusive)	DESDE 6.0m HASTA 9.0m (inclusive)
4	DESDE 1800m EN ADELANTE	D	DESDE 36m HASTA 52m (inclusive)	DESDE 9.0m HASTA 14.0m (inclusive)
		E	DESDE 52m HASTA 60m (inclusive)	DESDE 9.0m HASTA 11.0m (inclusive)

TABLA 1.1

Dentro de los procesos de planificación podemos tener presentes diferentes factores como los aeronáuticos y los no aeronáuticos.

El primer paso para la correcta planificación es la de recopilación de datos, los cuales deben de ser confiables. Estos datos deberán ser de características físicas, volumen y composición del tráfico así como de costos y financiamientos.

Uno de los temas principales del proyecto es el relacionado al financiamiento, el cual puede ser otorgado por el gobierno Federal, Estatal o por alguna Institucion Internacional. A medida que se realiza el proyecto se deberán de analizar los ingresos que el aeropuerto pueda tener como; derechos de aterrizaje y de otra clase, también se tendrá en cuenta la naturaleza del tráfico servido y las circunstancias particulares que pueda tener.

La elaboración de un plan general para un aeropuerto deberá definir los conceptos fundamentales y de trazo general que permitan el mejor aprovechamiento para el aeropuerto durante toda su vida útil.

Este plan deberá de proporcionar el marco, en el cual se indica el futuro desarrollo ya sea en ampliaciones parciales o totales. Definirá las capacidades necesarias tanto de aeronaves como de pasajeros, mercancías y vehículos en tierra, junto con la indicación de las fases principales de construcción que resultan posibles en términos materiales y económicos. Este plan también definirá el tamaño máximo del aeropuerto.

Dentro de los principales pronósticos que se deberán de realizar dentro del plan general podremos mencionar :

— Pronósticos de pasajeros, mercancías y correo despachado anualmente, agrupado por categorías, en tráfico internacional o nacional, regular o no regular; también por llegadas, salidas, en tránsito y transbordo.

\_ Pronósticos de vuelo y de tráfico de pasajeros, mercancías y correo, despachados por hora crítica, agrupados por categorías, con preferencias, en llegadas y salidas.

\_ Pronósticos de vuelos, pasajeros, mercancías y correo, despachados en el día medio del mes crítico, agrupados en las categorías antes mencionadas.

\_ Pronóstico de número de líneas aéreas que utilizan el aeropuerto y sus estructuras de rutas tanto interiores como internacionales, en relación con el aeropuerto.

\_ Pronósticos de aeronaves que utilizan el aeropuerto, incluyendo su número y las horas de mayor actividad.

\_ Pronóstico de número de aeronaves con base en el aeropuerto expresado en transportistas regulares y no regulares.

\_ Pronóstico de número de visitantes y número de trabajadores aeroportuarios.

La precisión de los pronósticos, esta sujeta a un gran número de factores, los cuales son muy difíciles de estimar con precisión en el momento y magnitudes futuras. Cuanto mas largo sea el período abarcado por el pronóstico, mayor será la variación de los factores que afectarán los resultados y mayor riesgo económico podremos tener.

Dentro de los principales factores que podemos tener en cuenta como influyentes en el crecimiento del tráfico aéreo están agrupados en las siguientes categorías generales :

- \_ Económicos.
- \_ Sociales y Demográficos.
- \_ Tecnológicos y Sistemáticos.
- \_ Comerciales y Políticos.

En Cada una de estas categorías, se usan frecuentemente indicadores generales, para determinar la actividad del tráfico aéreo total, nacional e internacional.

Como ejemplo: podremos decir que uno de los principales indicadores económicos es el Producto Interno Bruto (PIB). Pero en la mayoría de los aeropuertos será necesario el poder analizar indicadores más específicos a nivel regional o en ciertos casos hasta niveles locales. Cuando sea posible categorizar la propia demanda de tráfico aéreo en razón a motivos que lo generen, esto significa la posibilidad de poder distinguir el tipo de viajeros que generen las rutas establecidas. Distinguir entre el pasaje principalmente turístico y el pasaje de negocios, entre pasajeros en situación económicamente holgada y pasajeros de ingresos módicos, así como vuelos de carga regular o vuelos con itinerario fijo.

Otros factores que podemos encontrar como influyentes, es la calidad de servicio que se brinde el aeropuerto a sus usuarios, la que se determinara por la velocidad, regularidad y conveniencia; lo cual quedará ligado al desarrollo tecnológico.

En muchas ocasiones la interacción entre dos aeropuertos vecinos puede influir, así como en el desarrollo demográfico de la región, el desarrollo comercial, también como la relación entre dos puntos de interés común.

El proceso de planificar consiste en coordinar cierto número de elementos y llevar a cabo un análisis para medir su repercusión sobre las afluencias de tráfico futuras. Para este proceso es necesario el recopilar datos que se ajusten en mayor o menor grado con la realidad.

Encontraremos también una gran diferencia entre la planificación de un aeropuerto nuevo, a la de un aeropuerto ya construido, debido que el segundo con la información de su comportamiento nos basaremos para la elaboración de pronósticos. En el caso de un aeropuerto nuevo los pronósticos se basaran principalmente en el análisis y en encuestas de mercado que sean de consideración.

Dentro de los principales métodos sugeridos por la O.A.C.I para el pronóstico del tráfico en un aeropuerto, encontraremos el método en base a la opinión de una persona autorizada o un grupo de personas que brinden el método de pronosticación básico utilizado, siendo inevitable una gran parte de opinión personal.

La opinión puede introducir parcialidades subjetivas y frecuentemente sin base, pero es un método de gran utilidad para la comprobación de resultados de otros métodos.

La extrapolación de tendencias constituirá otro método de planeación, el cual consiste en determinar algunas de las formas de crecimiento significantes a largo plazo, que se ajusten al comportamiento del tráfico aéreo. Pudiendo basarse en que el comportamiento del crecimiento es usualmente considerado como una línea recta o asintótica.

Este comportamiento se basa en una serie cronologica de datos, que primeramente deberán de ser rectificadas, ya que pueden existir factores que influyan dentro de los datos, como huelgas, acontecimientos especiales, etc. Una vez ratificados los datos obtenidos se realiza la adaptación en base a técnicas estadísticas. Así se realiza la extrapolación de datos, los cuales nos brindan una tendencia hacia el futuro suponiendo que los factores que influenciaron tráfico seguirán actuando de la misma manera en el futuro.



Esta extrapolación en la mayoría de los casos, los resultados no suelen ser los que se presentan en la realidad, ya que con alguna frecuencia, los datos del pasado presentan alguna anomalía reciente, sin embargo la extrapolación es un instrumento útil, ya que introduce cierto grado de objetividad en la pronosticación.

El método econométrico es aquel utilizado para intentar explicar la evolución del tráfico en base a factores ya conocidos. Tomoa en cuenta solamente pocos factores importantes, los cuales son fáciles de medir y son los que en cierta forma podrán explicar de la manera mas fiel la variación de esta demanda.

Las encuestas de mercado son los métodos mas útiles para la obtención de datos primarios, ya que estos los obtendremos de la fuente generadora del tráfico. Podemos decir que es el único método idoneo de aplicación universal, teniendo en cuenta que es de gran importancia la estructuración de estas encuestas. Ya que de ello dependerá el tipo de información que obtendremos, evitando distorsiones. Sobre todo sirven para la verificación de las teorías y como base de la pronosticación del tráfico aéreo.

La divergencia entre los pronósticos y los datos reales, o los cambio anticipados en las suposiciones de los factores de influencia, pueden sugerir el uso de otro método de pronosticación, viendose reflejado en los resultados de los pronosticos.

### 1.3.1) ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD EN LOS AEROPUERTOS.

Dentro del proceso de planeación, uno de las principales funciones es la de racionalizar el gasto publico de tal manera que las inversiones estén encaminadas a proyectos que sean justificados y necesarios, teniendo en cuenta ante todo el principio de proporcionar un beneficio social.

Evitando el gasto de recursos innecesarios, los cuales pueden ser canalizados hacia otras actividades prioritarias del país.

Los estudios de factibilidad se deberán de realizar a todos los proyectos, ya sean de remodelación, ampliación y del caso más crítico a la construcción de nuevos aeropuertos.

El estudio de factibilidad de los aeropuertos lo podremos dividir en tres grandes fases:

I) Demanda del transporte aéreo : En esta fase se definen todos los parámetros de la demanda ( pasajeros, operaciones, carga ) en sus diferentes modalidades ( anual, horaria, hora crítica ). Para realizar este estudio es necesario determinar las áreas de influencia del aeropuerto, siendo ésta el área que cubre un conjunto de poblaciones localizadas en las aproximaciones del aeropuerto, cuyos habitantes haran uso del transporte aéreo.

II) Oferta de Infraestructura : teniendo en cuenta los parámetros de demanda se puede realizar la planeación de la infraestructura, así como un calendario de inversiones a desarrollar. Estos planteamientos que se realizan están influenciados por condiciones locales como la meteorología del lugar, su topografía, geología, etc. Después de definir estas características podremos dimensionar cada elemento del aeropuerto, así como el estudio de la posibilidad de las inversiones a realizar. Cada elemento a proyectar deberá de tener en cuenta su desarrollo a largo plazo ( Plan Maestro )

III) Factibilidad : es la parte en que una vez que se tiene toda la información tanto de la infraestructura como de los ingresos, se pone a la consideración de todos los participantes, que pueden ser : la colectividad nacional y regional, el organismo que opera los aeropuertos, las compañías aéreas, los transportistas y usuarios.

Estos indicadores de la factibilidad son las tasas internas de retorno o financieras, los beneficios totales actualizados acumulados en el período de estudio, el número de personas afectadas por la construcción y operación del aeropuerto, la generación de empleo, la participación y crecimiento del producto interno bruto ( PIB ).

## 2.) ANTECEDENTES

La zona metropolitana de la ciudad de México por su gran magnitud e importancia que ha adquirido, desarrolló un fenómeno de dependencia de las ciudades cercanas a la gran metrópolis.

La ciudad de Cuernavaca, siendo la capital del estado de Morelos y encontrándose a escasos 85 km de la ciudad de México, forma parte de la conurbación de la primera metrópolis del país, al igual que las ciudades de Toluca, Pachuca y Puebla.

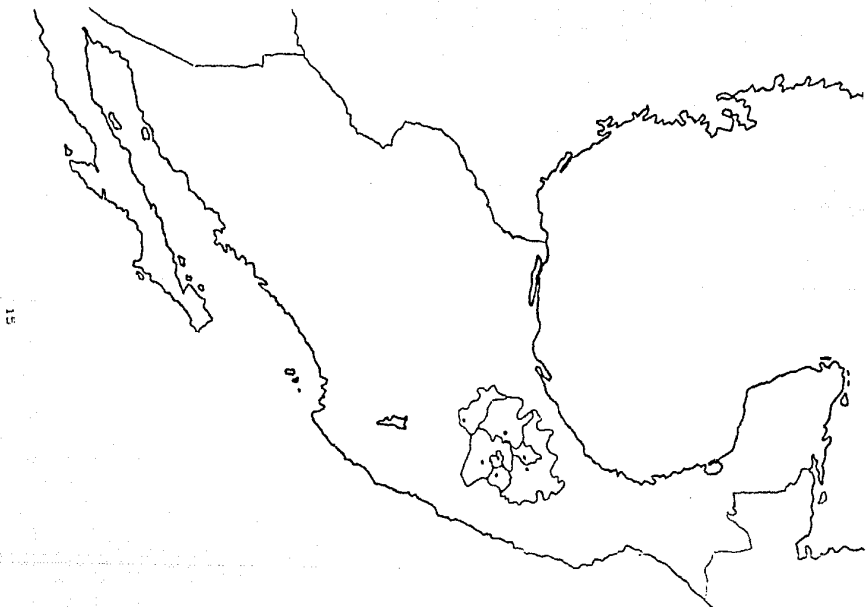
Para propósitos de planificación geoeconómica, se integra a los estados de Puebla, Tlaxcala, Querétaro, Hidalgo Edo. de México y Morelos, para formar la región centro, mostrada en la figura 2.1 de la siguiente página.

Pese a la cercanía y colindancia de la región centro con la del Valle de México, formada por el Estado de México con el Distrito Federal, se detectan grandes diferencias entre ellas, creando un sub-sistema de la ciudad de México.

Este fenómeno ha creado la necesidad de comunicar de manera prioritaria a los centros de nivel equivalente, sin tener que pasar por la Ciudad de México. En este caso Cuernavaca juega un papel muy importante como contenedor y distribuidor de la población circulante en el área de influencia para el caso de un aeropuerto de tipo regional.

### 2.1) DATOS FISICO - GEOGRAFICOS

El Estado de Morelos tiene una superficie que equivale al 0.25% de la superficie del territorio nacional. El Estado se encuentra dividido en 33 municipios, con una superficie total de 4'953,220 km<sup>2</sup>. Teniendo un clima cálido con una temperatura media de 22 grados centígrados en el 80% de la superficie del Estado.



15

REGION CENTRO DE LA REPUBLICA MEXICANA  
FIG 2.1

En el norte del estado podremos encontrar las partes altas donde el clima lo consideraremos como templado, en contraste con la parte sur del estado, en donde el clima es principalmente semicalido.

El estado se encuentra en una porción de la región hidrológica conocida como la del Río Balsas. De igual manera forma parte de las cuencas del Río Atoyac y Río Grande de Amacuzac.

Dentro de las principales características geográficas del estado, es estar situado ente dos de los principales sistemas montañosos del país, como es el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Sur.

## 2.2) SOCIOECONOMIA DEL ESTADO

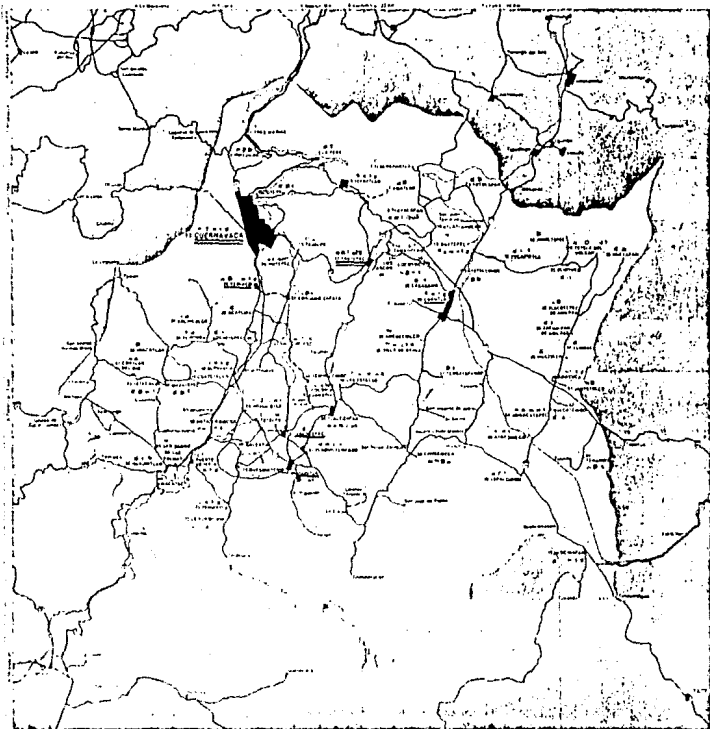
En la entidad casi la mitad de sus suelos tienen posibilidad de uso agrícola con altos rendimientos.

A través de todo el estado, el clima, los balnearios y manantiales atraen a un gran número de turistas y de vacacionistas.

Dentro del estado las ciudades más importantes son: Cuernavaca con 376,000 hab., Cuautla con 111,000 hab., Toluca, Zacatepec, Yautepec, Jojutla con una población aproximada a los 45,000 habitantes cada una (Figura 2.2). Teniendo en cuenta lo anterior podremos situar al estado como uno de la principales polos turísticos de la zona centro.

El estado cuenta con una población económicamente activa (PEA) entre el 28 y 29%, con un dominio de las actividades agropecuarias, seguido por comercio y servicios.

MORELOS EN 1962



PRINCIPALES CIUDADES DEL ESTADO DE MORELOS

FIG 2.2

La población del estado alcanzó en el último censo realizado en 1980, la cantidad de 947,089 habitantes, ubicando al estado en el sitio vigesimo cuarto, en el número de habitantes.

Observando un fenómeno muy interesante en lo que a densidad de población se refiere, es que en el Estado encontramos una densidad de 191 hab/m<sup>2</sup> siendo solo superado por el Edo. de México con 345 hab/m<sup>2</sup> y por el Distrito Federal con 5,971 hab/ka<sup>2</sup>.

La población económicamente activa del estado es de 304,000 empleados, con lo que su participación activa en el producto interno bruto nacional, es de 1.08%, lo que representa el lugar 23 a nivel nacional. Dentro del estado, la población urbana esta considerada como el 73.8% de la del estado, sufriendo el fenómeno de migración del campo a la ciudad, como se ha desarrollado en los últimos tiempos.

La economía del estado se encuentra principalmente enfocada al sector primario, formando el 1.46% del producto interno bruto nacional, en lo que a este sector se refiere. Dentro del estado la Ciudad de Cuernavaca es un caso aparte con relación al resto del Estado.

#### 2.2.1) CUERNAVACA

Esta ciudad sufrió un cambio de economía en los 60's por la inercia de la expansión industrial de la capital. Esto trae a consecuencia la creación de CIVAC ( Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca ).

Esto ha provocado que el volumen relativo de migración a la Cd. de México, se desviara, beneficiando a la Ciudad de Cuernavaca, así como también sucedió en las ciudades que se encontraron en las mismas circunstancias, como Puebla y Toluca, convirtiendolos en puntos atractivos y a su vez aduiriendo un saldo negativo de su emigración.



Cuernavaca se encuentra a los 1560 m.s.n.m con un clima semicalido, con un rango de precipitación pluvial medio anual, entre 800 a 1500 mm y una temperatura entre 18 grados centígrados y 22 grados centígrados, con una temperatura máxima de 24 grados centígrados.

La mayor incidencia de lluvia se presenta en el mes de Junio y la menor en Febrero. El tiempo dominante es calurosos con el 91% de los días despejados.

Las actividades propias de Cuernavaca demuestran que mientras en 1970 la PEA en el sector agropecuario representaba el 20.59%, en 1980 bajo a 11.29%, en tanto que la ocupación en el sector industrial subió del 1.785% al 22.43%. Esto dio al Estado de Morelos a nivel nacional: el segundo lugar como productor de jabones y detergentes, de productos mineros no metálicos, de hilados y tejidos de fibras blandas y de motores, partes y accesorios para automóviles, cuarto en química básica.

Dentro del sector primario tradicional, un aspecto importante es el programa de flores, que por medio de centros de acopio se exporta a diferentes destinos de Estados Unidos y Canadá.

Actualmente el volumen de exportación es de 350 cajas a la semana, las cuales se trasladan al aeropuerto de la Cd. de México en camiones refrigeradores y se envían mediante líneas aéreas comerciales a Houston, Dallas, San Francisco, Los Angeles, Miami y Nueva York.

## 2.3) INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL ESTADO.

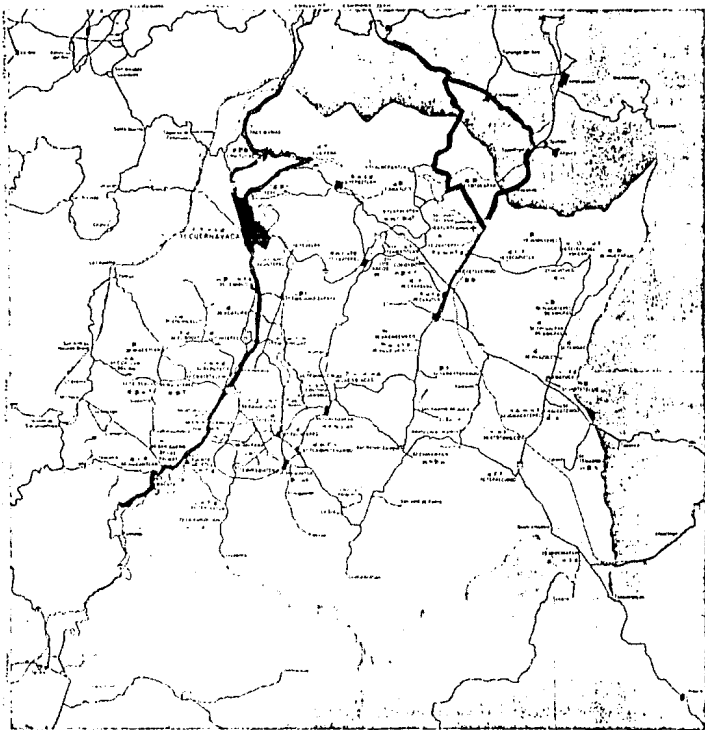
### 2.3.1) SISTEMA CARRETERO.

El Estado cuenta con 2,304 km de carreteras, de los cuales 946 son pavimentados. El estado se comunica con el D.F a través de 4 carreteras pavimentadas, siendo la mas importante la autopista Mex - Cva de intenso trafico, con 23,754 vehiculos promedio diario, siendo el paso hacia la Ciudad de Acapulco. Se encuentra además la carretera Federal Mex - Cva con 10,824 vehiculos promedio diario. En la fig 2.3 se podren apreciar estas carreteras. Hacia sus colindancias con el Estado de Mexico y Puebla, con los cuales existía una comunicación tradicional importante, se tienen carreteras federales angostas, mal trasadas y de recorridos sinuosos, que incrementan excesivamente los tiempos de recorrido, ocasionando el tener que tocar la Cd. de Mexico como punto de distribución, originando un congestinamineto incesario en la zona metropolitana.

### 2.3.2) SISTEMA FERROVIARIO

En lo que a ferrocarriles se refiere, la longitud de vias ferrias en el Estado alcanza los 322 km, teniendo como eje principal el trayecto Mexico - Estacion Balsas, conectando a Cuernavaca con Jiutepec, Zacatepec, Puente de Ixtla y Amacozac.

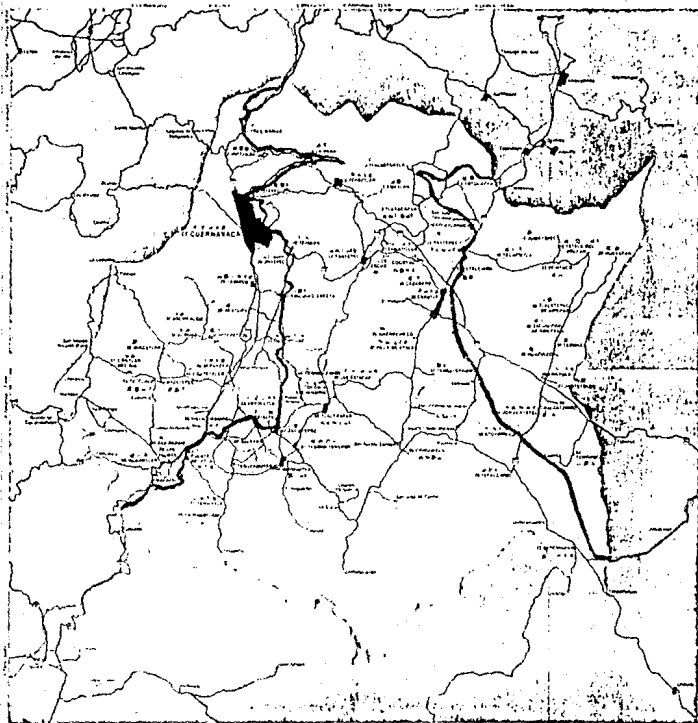
Existiendo otro ramal de importancia como el que comunica al Distrito Federal con el Estado de Puebla, cruzando Ozumba y Anecameca, llegando a Izucar de Matamoros ( Figura 2.4 ).



SISTEMA CARRETERO DEL ESTADO DE MORELOS

FIG 2.3

MORELOS km. 1:25,000



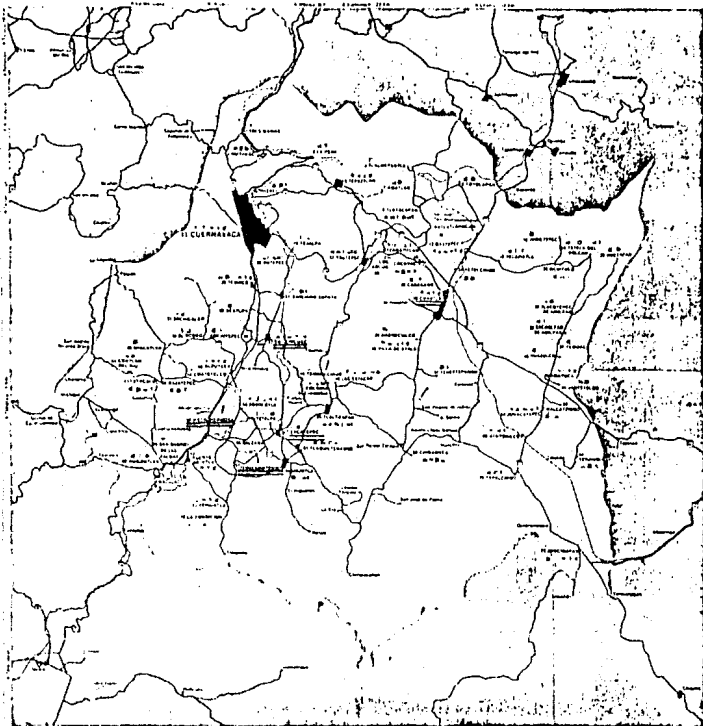
SISTEMA FERROVIARIO DEL ESTADO DE MORELOS

FIG 2.4

### 2.3.3) SISTEMA AEROPORTUARIO

La entidad cuenta con aeropistas para la operación de pequeños aviones en las ciudades de Chicincuc, Vista Hermosa, Cuautla, Tequesquitengo y Zacatepéc ( Fig 2.5 ).

Se hace necesario un aeropuerto de tipo regional para conectar las ciudades de nivel correspondiente que integran la propia región centro sin tocar la Cd. de México, para seguir con las conexiones al resto del país y el exterior.



SISTEMA AERFORTUARIO DEL ESTADO DE MORELOS

FIG. 2.5

### 3) ANALISIS DE DEMANDA

#### 3.1) ZONAS DE INFLUENCIA

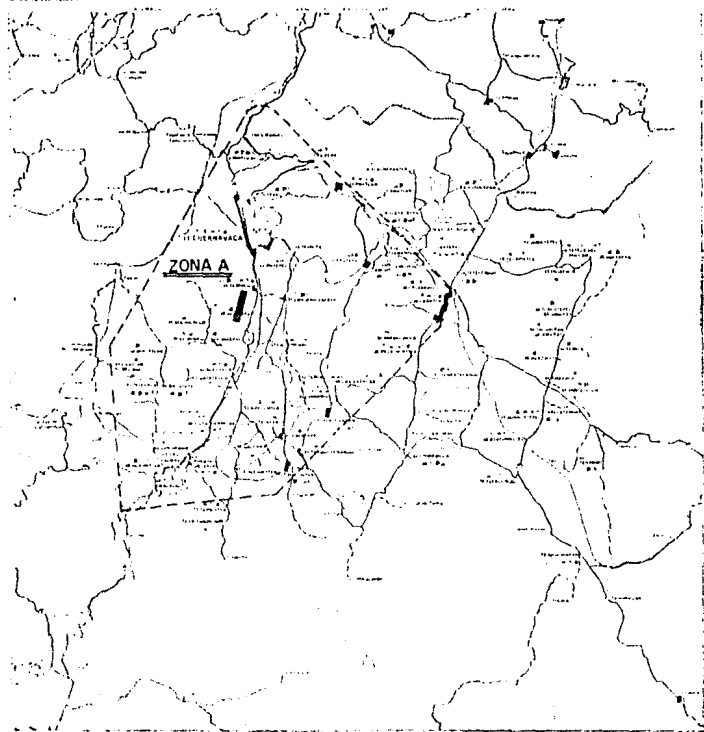
Dentro de la planificación aeroportuaria cabe mencionar como punto crítico el del análisis de la demanda. Ya que los resultados obtenidos por este estudio nos marcarán los lineamientos a seguir en el proyecto. El análisis de demanda que se presenta a continuación para este aeropuerto fue realizado por la Dirección General de Aeropuertos.

Para definir esta demanda es necesario identificar la zona geográfica de influencia en donde se generará el tráfico del aeropuerto. Estos posibles pasajeros estarán definidos en ciertos puntos específicos alrededor de la zona de influencia del aeropuerto. Para este caso podremos encontrar una zona de influencia, delimitada por todos los puntos que se encuentran en una zona determinada por la distancia a recorrer por un pasajero en un tiempo máximo de 40 minutos.

De esta zona de influencia se estima que se podrá obtener el 80% de los usuarios, la cual se ha denominado zona "A". Para el caso del aeropuerto de la Ciudad de Cuernavaca esta zona de influencia se presenta en la figura 3.1.

Esta zona descrita anteriormente, se encuentran los municipios de Cuernavaca, Xochitepec, Emiliano Zapata, Tepoztlán, Yautepec, Luautla, Jojutla de Juárez, Zacatepec, Puente de Ixtla, Mazatepec, Tepecalca, Coatlán del Rio y Miaatlán.

Existirá también la zona B ( figura 3.2 ), que se fijó mediante el tiempo de recorrido que se debiera de efectuar un pasajero durante 60 minutos. De esta zona podremos considerar que se presentará el 20% de los usuarios del aeropuerto, quedando comprendidos los municipios de Ayala, Tecapixtla, Tiayacapan, Atlahuacan, Tototlán y Ilanepantla en el Estado de Morelos, así como los municipios de Cuellar y Texco en Guerrero.

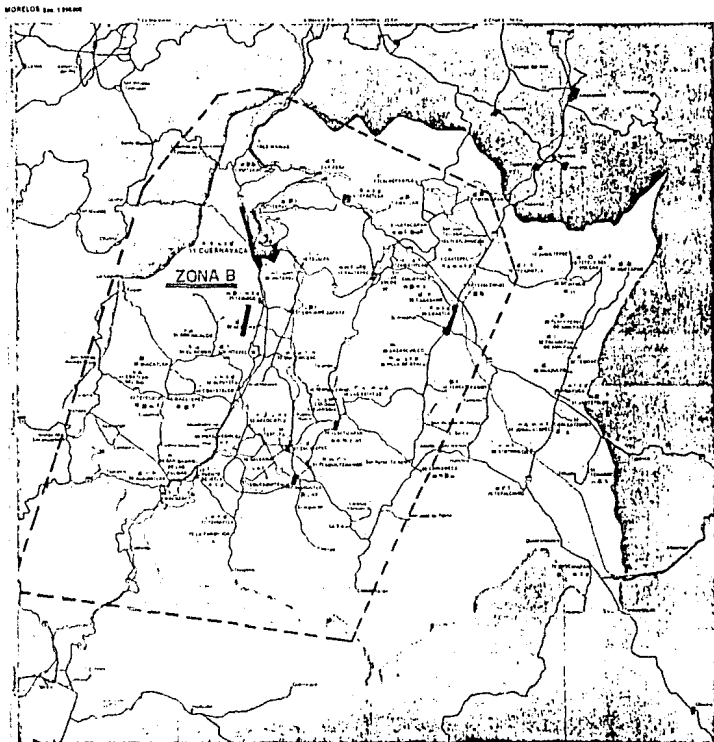


ZONA DE INFLUENCIA "A"

FIG 3.1



La población que ocupa estas dos zonas se calcula en unos 200,000 hab, de los cuales se consideran el 20% como pasajeros potenciales para el aeropuerto.



ZONA DE INFLUENCIA "B"

FIG 3.2

### 3.2) ESTUDIO DE RUTAS

Para poder definir las rutas aéreas necesarias con las que se podran satisfacer los destinos requeridos por los futuros usuarios, será de suma importancia realizar un estudio de destino de los usuarios. Teniendo presente las frecuencias de los viajes, los volúmenes de demanda y los tipos de aviones que las compañías aéreas requerirán. Para poder realizar este estudio es necesario poder obtener información sobre las relaciones que tienen personas e industrias con los futuros destinos.

Esto se podrá lograr correlacionando las llamadas telefónicas de larga distancia originadas desde la zona de influencia, considerando que si existe comunicación entre dos puntos habrá la necesidad indispensable de los viajes. Tomando en cuenta éste unico criterio para poder pronosticar la demanda requerida por el aeropuerto, se implementaron cinco rutas principales, entre la Ciudad de Cuernavaca y el resto de la República.

Todos los datos obtenidos, tanto de pronósticos de pasajeros y cargas, son los obtenidos por la Dirección General de Aeropuertos ( DGA ), en sus estudios publicados. Los datos presentados son cantidades totales de pasajeros movidos en las ruta, esto significa que no se indicará el punto de partida de su viaje.

En cuanto a la demanda de cada una de las rutas las podremos definir como las siguientes:

\_ Ruta 1) Es la ruta de mayor demanda que se ha planeado, teniendo una participacion mayoritaria, con el 38% con respecto al total de pasajeros que se esperan en el aeropuerto. En esta ruta podremos encontrar las rutas entre la Ciudad de Cuernavaca y las Ciudades de Guadalajara, Tijuana, Mazatlan, San José de los Cabos y Puerto Vallarta.

La evolución de la demanda de estas rutas conforme a los estudios realizados por los pronósticos de demanda y el estudio de la ruta lo podremos visualizar en la grafica 3.1.

En esta gráfica podremos apreciar que la ruta con mayor demanda es la de Cva - Gdl, en la que se preve un tránsito pronosticado en 1987 de 11,000 pasajeros anuales, teniendo dentro de 23 años un manejo aproximado de 38,000 pasajeros, según se estima en los pronosticos.

\_ Ruta 2) En cuanto a la demanda de esta ruta, podremos identificar que esta ruta participa con el 35% con respecto al total de los pasajeros esperados. La ruta quedará definida entre la capital del estado de Morelos y la zona Centro-Noreste de la República, siendo principalmente las ciudades de Monterrey, Chihuahua, Saltillo, Zacatecas, Agascalientes, Torreón y Queretaro. El pronostico del comportamiento de estas rutas los podremos apreciar en la grafica 3.2.

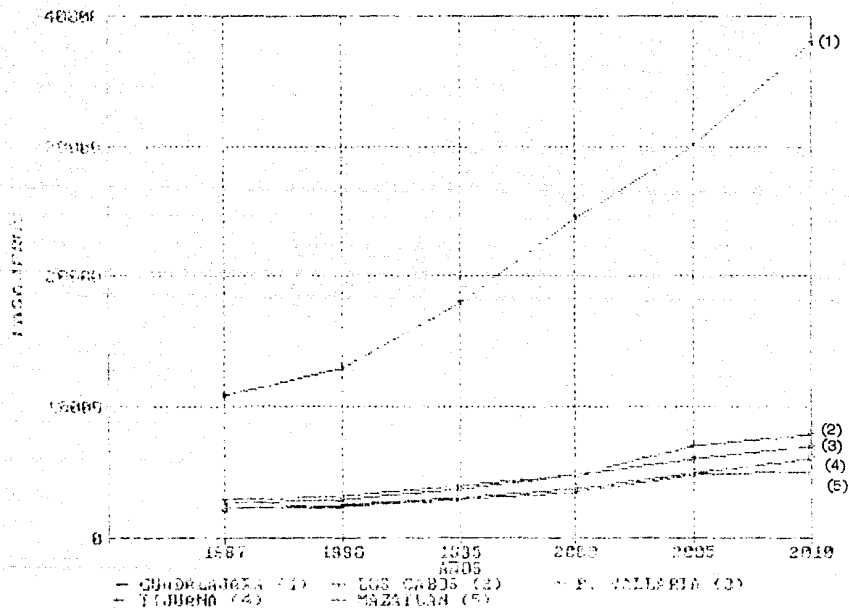
Dentro de esta gráfica podremos tomar a la ruta entre Cuernavaca y Monterrey como la de mayor tránsito, arrojando un pronóstico de 7,000 pasajeros anuales en 1987. Siendo que para el año de 2010 se esperará tener un trafico de 26,900 pasajeros anuales.

\_ Ruta 3) Es la ruta entre la Ciudad de Cuernavaca y la zona comprendida por los Estados de Puebla y Veracruz. Esta ruta se tiene calculado que producirá el 5% del total de pasajeros previstos. En esta ruta se tendrán contempladas a las ciudades de Puebla y Veracruz, como los principales puntos de tránsito, ilustrándose en la grafica 3.3.

\_ Ruta 4) Esta ruta se considerará entre la zona de estudio y la zona del Estado de Oaxaca. Esta ruta se prevee que aportará el 4% del tráfico generado en el aeropuerto. Su desarrollo a futuro se muestra en la grafica 3.4.

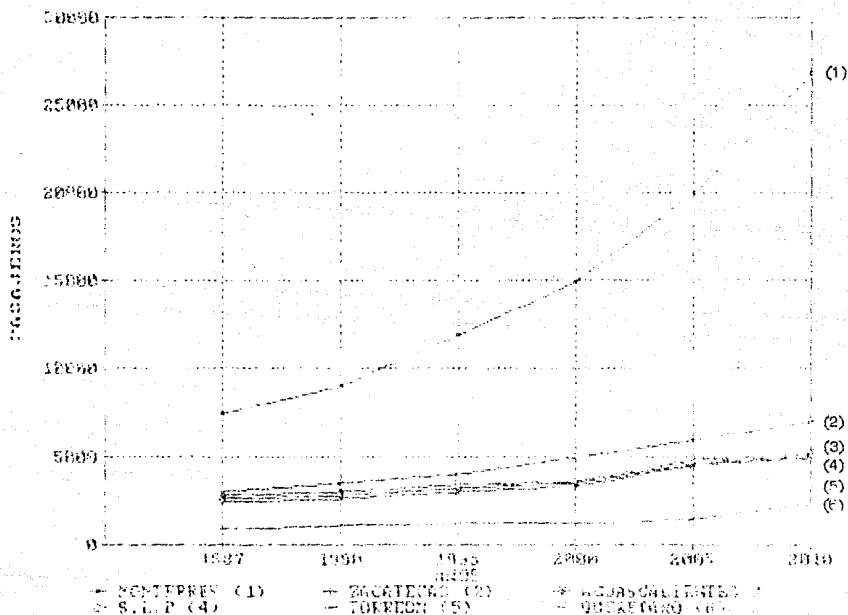
# PRONOSTICO RUTA 1

GRAFICO 3.1



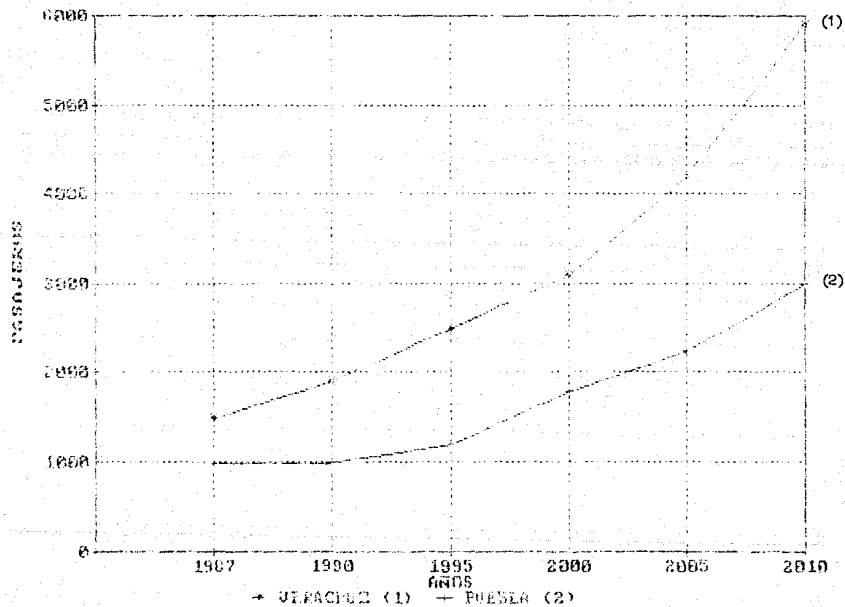
# PRONOSTICO RUTA 2

GRAFICO 3.13



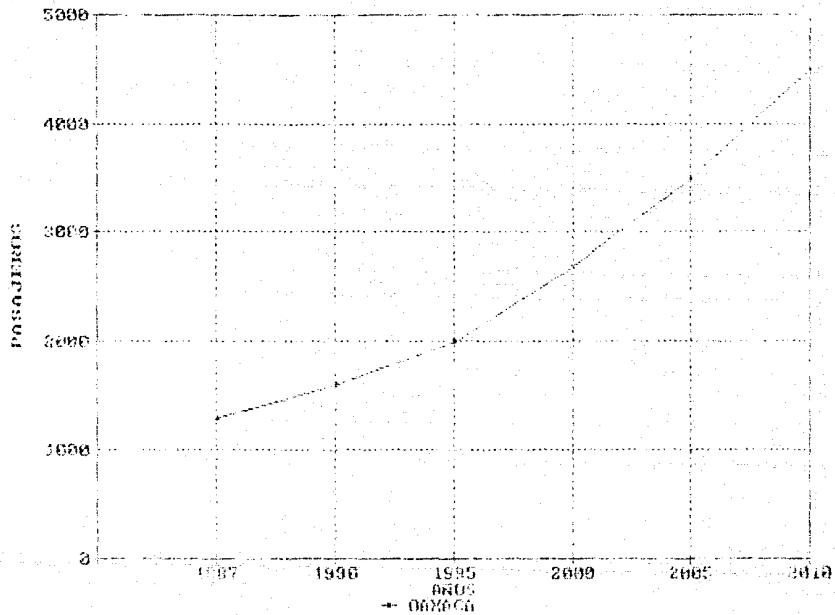
# PRONOSTICO RUTA 3

GRAFICA 3.3



# PRONOSTICO RUTA 4

GRAFICA 3.4



- Ruta 5) Como última ruta prevista dentro del tráfico generado por la región estudiada y la Ciudad de Acapulco. Esta ruta se espera que genere el 18% del tráfico total del aeropuerto. Esta ruta será una de mayor tránsito, presentado su desarrollo en la grafica 3.5.

En el analisis del tráfico obtendremos que para el año de 1987 se esperan tener 8,500 pasajeros en la ruta, y para el periodo final se considerara la cantidad de 30,500 pasajeros anuales.

### 3.3) PRONOSTICOS DE DEMANDA.

Dentro de las evaluaciones realizadas para este aeropuerto podremos definir la de tiempos de recorrido por vía aérea, teniendo en cuenta a los destinos más cercanos, ya que éstos presentan una gran competitividad con respecto a otro medio de transporte.

Utilizando principalmente a las ciudades de Querétaro, Toluca, Puebla y Acapulco. Se pensó que el porcentaje de pasajeros real podría obtener aplicando un coeficiente de reducción, siempre teniendo en cuenta el nivel de competitividad que presenta el sistema carretero.

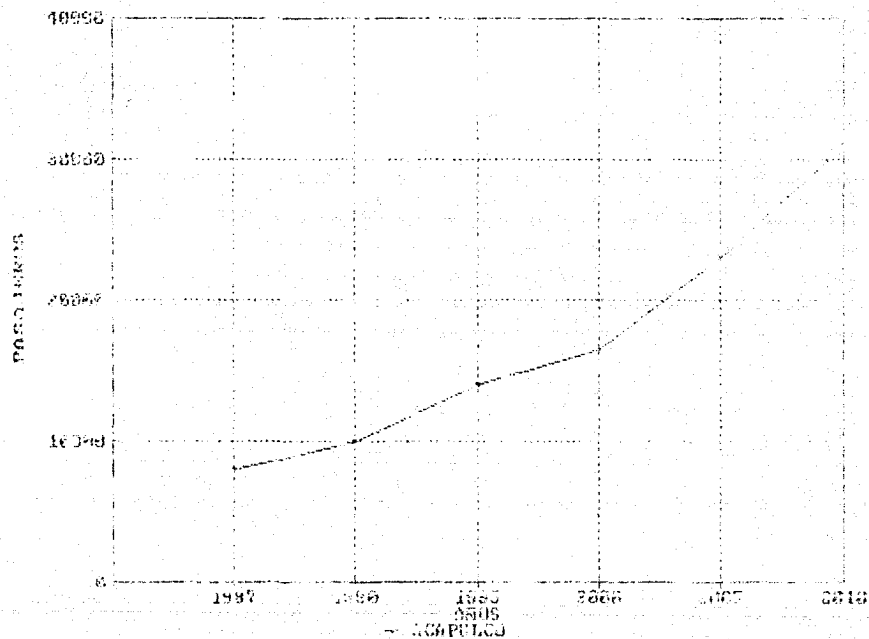
Dentro de los pronósticos que se necesitan realizar, como indica el capítulo 1 de este trabajo, son los de la carga a transportar. Esta la podremos dividir en dos grandes grupos: la carga de producción de flores y productos agrícolas y la carga generada por la industria.

Para el primer tipo de carga se tiene el dato que en estado se producen para exportación alrededor de 350 cajas de flores a la semana, las que actualmente se distribuyen en 4 vuelos semanales. Lo que nos arroja un promedio de 88 cajas por vuelo, con un peso de 80 kg, tendremos un peso promedio por semana de 320 kg, siendo así el promedio mensual de 1,280 kg y el anual de 15,360 kg.



# PRONOSTICO RUTA 6

GRAFICA 3.13



Teniendo en cuenta que la carga generada por la creciente industria, la cual en su mayoría se dedica al ensamble de maquinaria y armadoras automotrices, que podrán utilizar el transporte aéreo para la importación de piezas necesarias para el funcionamiento de estas industrias, previéndose un pronóstico de carga de 336 ton. anuales.

Para este pronóstico de carga se utilizó como en la mayoría de los aeropuertos, una tasa media anual del 3%, de tal manera que los pronósticos del movimiento de carga para 1990 serán de 370 ton. y para el año 2000 se prevee que será de 550 ton. En la grafica 3.6 se representa la carga prevista generada por la industria y principalmente la producción de flores.

En resumen, hemos podido observar el desarrollo de las distintas rutas que se esperan opere el aeropuerto ya en forma para el año de 1990. El resultado del movimiento total de pasajeros lo podremos observar en la grafica 3.7, siendo estos datos de gran valor para el diseño del desarrollo del aeropuerto.

Del análisis de estos pronósticos la DGA obtuvo los siguientes indicadores de tráfico mostrados en la tabla 3.1

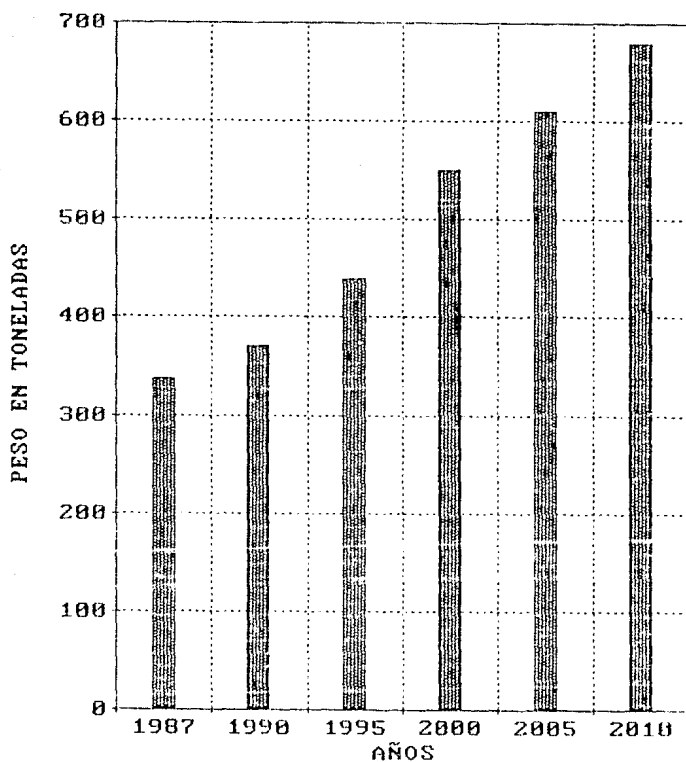
AÑO	PROYECTADO	OPERATIVO	OPERACIONES AEROPUERTO	PASAJEROS AEROPUERTO
1980	21,124	4,441	-	-
2000	177,194	10,000	10	10
2010	176,000	20,000	10	10

Tabla 3.1

En las graficas 3.8, 3.9, 3.10 podremos observar el diferente comportamiento del tráfico previsto del aeropuerto. Basandonos en estos datos podremos dimensionar las diferentes estructuras del aeropuerto.

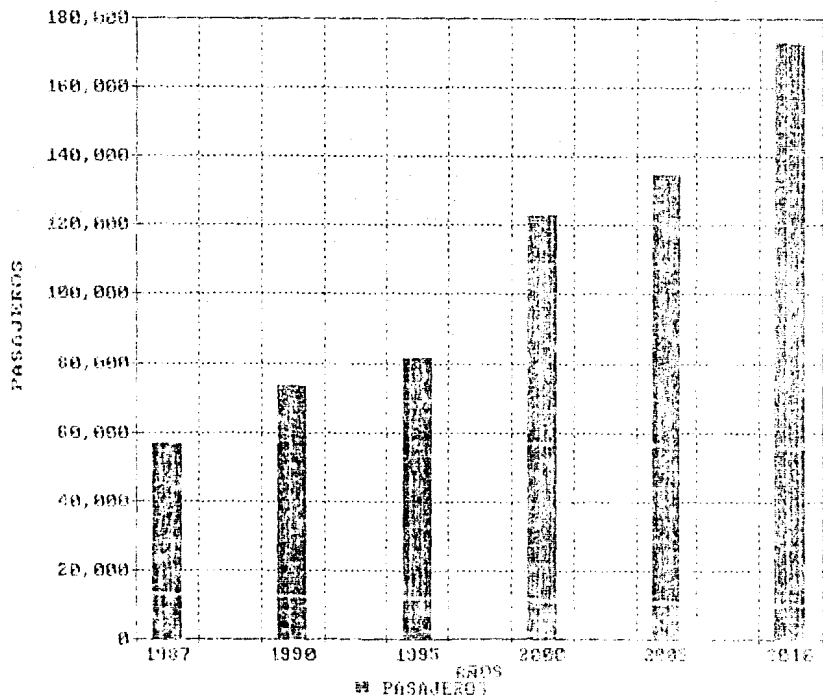
# PRONOSTICO DE CARGA

GRAFICA 3.6



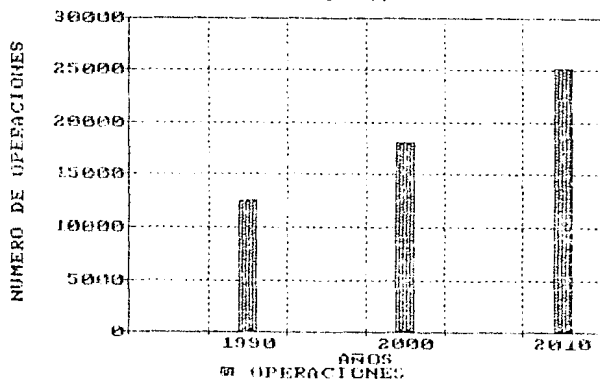
# PRONOSTICOS DE PASAJEROS

GRAFICA 3.7



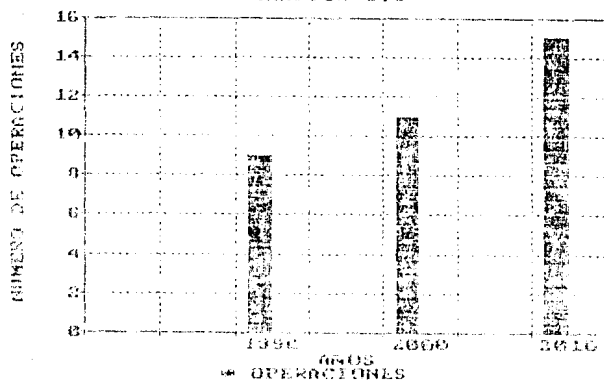
# OPERACIONES

GRAFICA 3.8



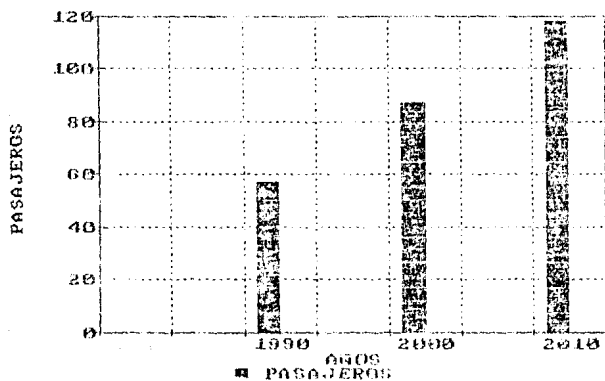
# OPERACIONES HORA CRITICA

GRAFICA 3.9



# PASAJEROS HORA CRITICA

GRAFICO 3.19



#### 4) LOCALIZACION DEL AEROPUERTO.

Después de haber realizado el análisis de demanda que el aeropuerto podrá tener en esta zona, se determinó la necesidad de construir un aeropuerto a nivel regional, que cumpla las condiciones tanto físicas como de espacios aéreos para las operaciones de aeronaves.

Para poder tener este lugar, se seleccionaron distintos sitios, que se consideraron factibles para la construcción del aeropuerto. Estos lugares se encontraron dentro de un radio de 60km al sureste y sur de la Cd. de Cuernavaca, con la finalidad de que fuera lo más cercano posible a las zonas generadoras del tráfico.

Dentro de esta zona se realizaron los estudios de 21 sitios factibles para la ubicación del aeropuerto, estos estudios fueron principalmente de factibilidad aeronáutica.

El primer lugar a analizar fue el de Chinconcuac, ya que en este lugar se encuentra ubicado un aeródromo y su distancia con respecto a la ciudad de Cuernavaca es del orden de 20 km, se pensó en el uso para la aviación regional. También se pensó en la posibilidad de su ampliación, pero debido a su localización entre 2 carreteras, así como un espacio aéreo restringido para el uso de aeronaves pequeñas, por lo que se desechó la posibilidad de su ampliación.

Se encontró que los lugares conocidos como Xoxocotla, Telecingo y Alpeyucac, son factibles para la construcción de un aeropuerto con un longitud de pista de 3500 m de longitud, lo que permitiría el desarrollo de aviones turboreactores. Sin embargo en los dos primeros no fue posible la adquisición de estos terrenos, ya que son considerados como grandes productores agrícolas.

En el caso del sitio conocido como Temoac, se descarta la posibilidad de ubicar ahí el aeropuerto ya que es el lugar más distante respecto a la ciudad.

Con respecto a los demás sitios que fueron analizados, la mayoría cumplían con la posibilidad de construir un aeropuerto con una longitud de pista de 2000 m, lo que nos limita a la operación de aviones de hélice y turbohélice. Por lo que tendremos un aeropuerto de categoría B (usando la clasificación dada por la D.A.C.I.), el cual delimita un peso máximo de 15,500 lb y con operaciones únicamente visuales.

Los lugares que ofrecen mejores condiciones tanto topográficas como de espacios aéreos son los sitios de Alacranes, Anayuca, Telma y Miacatlán. De estos sitios antes mencionados se seleccionó la localidad de Telma, para el desarrollo de este proyecto. Entre las principales características que esta región ofrece son: la infraestructura de apoyo, con los servicios de agua, electricidad, telegrafo, así como el poco uso del suelo que se tiene en esta región.

Otro factor de gran importancia en el desarrollo de este lugar es la cercanía con la Ciudad de Cuernavaca, ya que se encuentra tan solo a 15 km de distancia entre las poblaciones de Telma y Villa de las Flores, en el municipio de Temixco. El acceso al sitio se puede realizar por la carretera Federal No. 5, desviándose hacia el rumbo poniente con dirección al pueblo de Telma, en el km 17 de la carretera Cuernavaca - Atoyaca.

La superficie del terreno destinado para el aeropuerto presenta una dimensión de 110 hectáreas, encontrándose a una altitud de 1250 mts sobre el nivel del mar.

En la figura 4.1 de la siguiente página podemos apreciar la ubicación del aeropuerto.



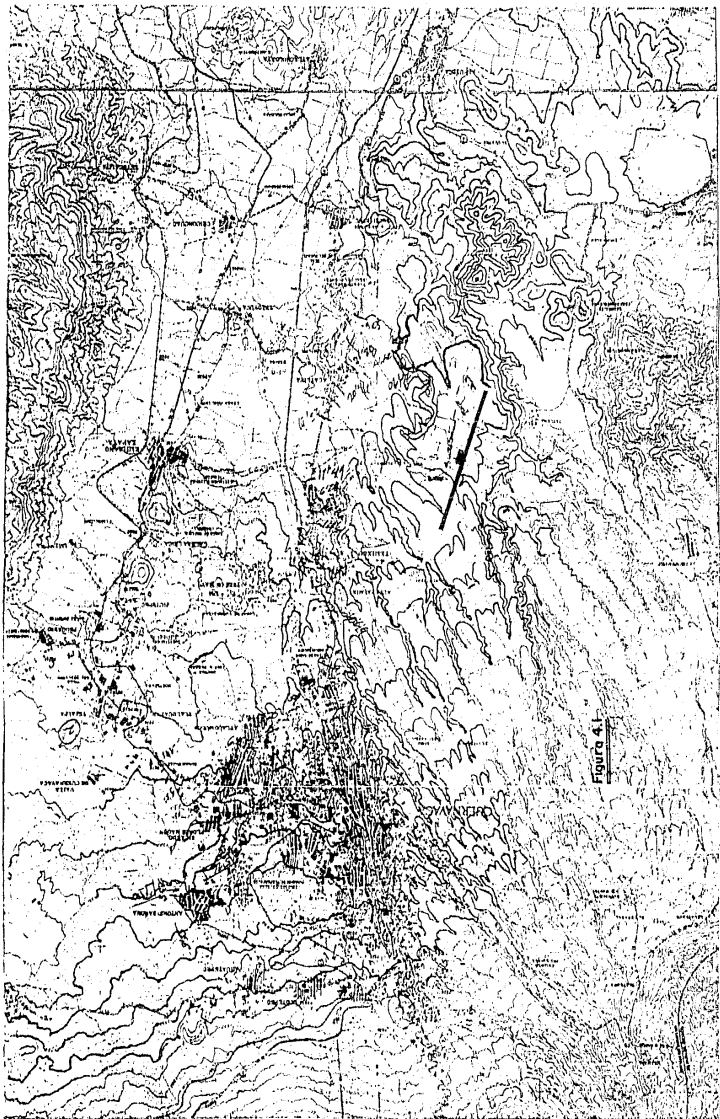


Figure 4.1

Este aeropuerto regional se dió el nombre de "Aeropuerto Mariano Matamoros", siendo inaugurado de manera oficial el 15 de Abril de 1988.

El aeropuerto fue diseñado por la Dirección General de Aeropuertos y construido por el Gobierno del Estado de Morelos, su administración y operación se encuentra dependiendo de esta autoridad.

En este aeropuerto en la actualidad solo se encuentra operando una compañía aérea regional, sin itinerario fijo. Los demás movimientos en el aeropuerto son realizados por la aviación general.

Esta estructura aeroportuaria consta de una pista de aterrizaje con una longitud de 3800 m y 45 m de ancho, con una asignación 02-20. Una calle de rodaje ubicada al centro de la pista con dimensiones de 90 m de longitud y 20 m de ancho. La franjas de pista cuentan con 7.5 m de cada lado de la pista.

Existen dos plataformas, una comercial con una superficie de 9,900 m<sup>2</sup>, y una de aviación general de 1,410 m<sup>2</sup>.

En la figura 4.2 podremos apreciar un croquis general del aeropuerto, tanto que en la figura 4.3 se podrá apreciar la zona terminal.

El edificio terminal ( fotografía 4.1 y 4.2 ) tiene una superficie de 300 m<sup>2</sup>, en donde se alojan el mostrador de la compañía operadora del aeropuerto, las oficinas de comandancia del aeropuerto, dos oficinas de la administración del aeropuerto, así como los servicios sanitarios y cafetería.

Como estructura para el control de tráfico aéreo, se encuentra la torre de control ( fotografía 4.3 ), con una altura de 15 m. La cual está equipada con tan solo un radio.

# Croquis del Aeropuerto de Cuernavaca

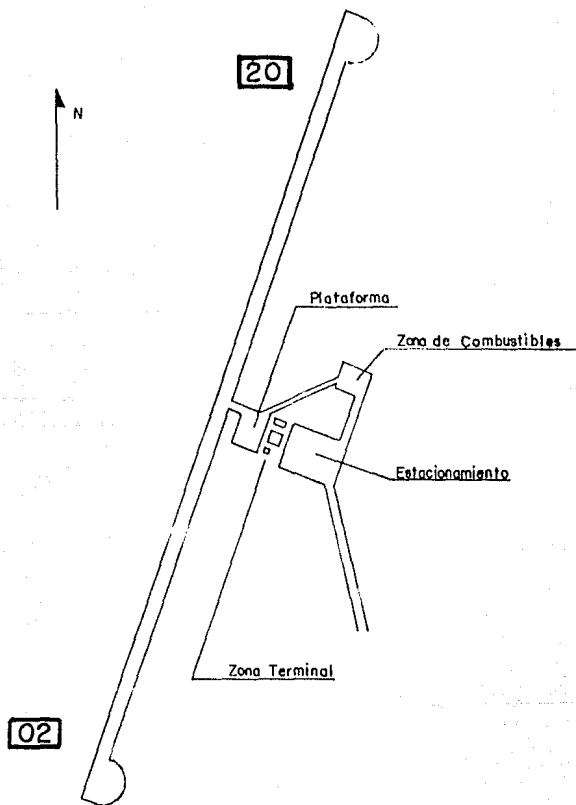


Figura 4.2

# CROQUIS ZONA TERMINAL

PISTA 3800m x 45 m

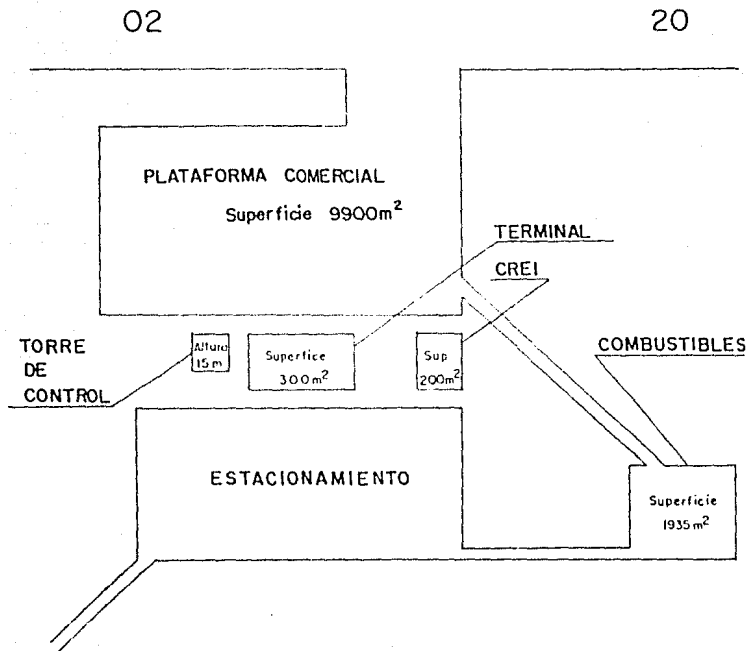
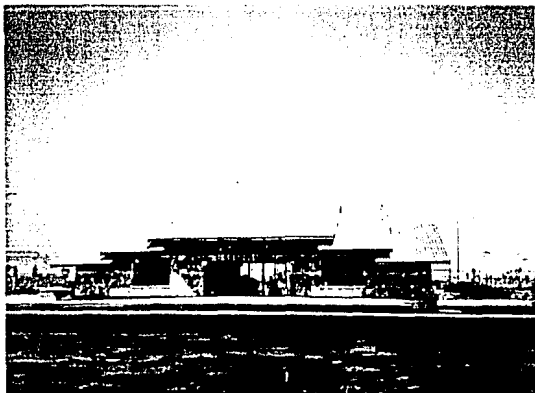
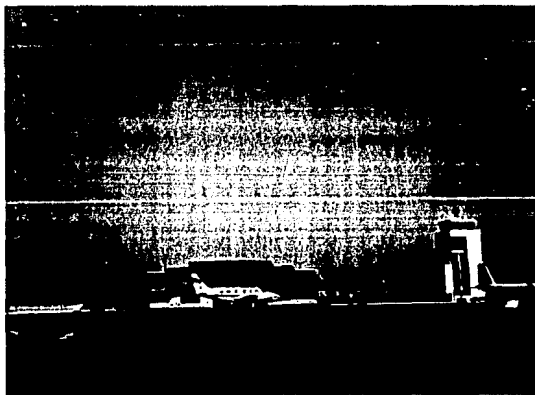


Figura 4.3



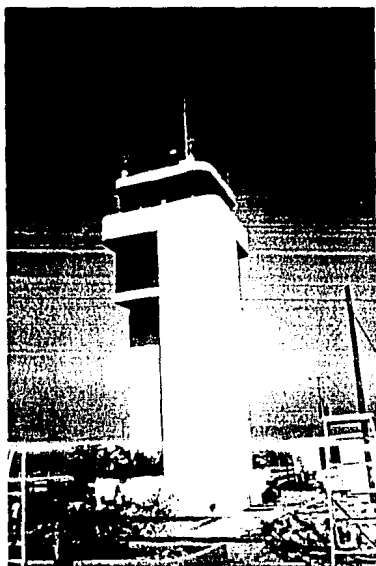
EDIFICIO TERMINAL

FOTOGRAFIA 4.1



EDIFICIO TERMINAL Y TORRE DE CONTROL

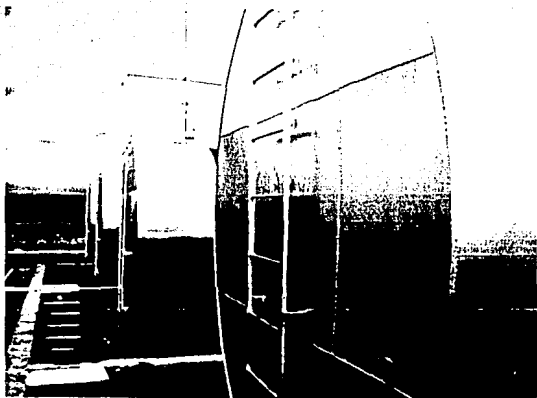
FOTOGRAFIA 4.2



TORRE DE CONTROL  
FOTOGRAFIA 4.2

Como una de las estructuras que son auxiliares para el funcionamiento del aeropuerto, es la zona de combustibles. La cual deberá de ubicarse en un lugar suficientemente alejado para evitar que cualquier incidente dentro de la instalaciones del aeropuerto pueda causar el estallamiento del combustible almacenado.

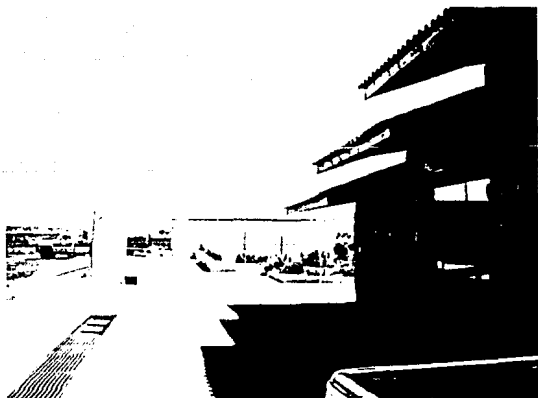
En el caso del aeropuerto Mariano Matamoros, la zona de combustibles se encuentra ubicada a 300 m de la plataforma, con una superficie de  $1925 \text{ m}^2$ . Consta de 4 tanques de almacenamiento ( fotografía 4.4 ).



TANQUES DE ALMACENAMIENTO

FOTOGRAFIA 4.4

El cuerpo de rescate y extinción de incendios (CREI), en el aeropuerto se encuentra ubicado a un costado de la terminal (sobre el borde de la plataforma ( fotografía 4.8 ), este cuerpo cuenta con una superficie de 200 m<sup>2</sup> y con 5 unidades especializadas para su actividad.



LOCALIZACION DEL CREI

FOTOGRAFIA 4.5

## 5) DISEÑO DEL AEROPUERTO

En este capítulo nos encargaremos de analizar las diferentes estructuras del aeropuerto, teniendo presentes las normas internacionales de la O.A.C.I.

### 5.1) PISTAS

Dentro de las principales instalaciones con las que cuenta un aeropuerto podremos mencionar a las pistas. Estas desempeñan una función vital, así como también los elementos conexos a estas, lo que brindará seguridad y eficiencia al aterrizaje y despegue de las aeronaves. Los elementos conexos a la pista guardan un relación directa con la pista, entre los cuales podremos mencionar los siguientes: franjas de pista, zonas de parada, zonas libres de obstáculos y zonas de seguridad de extremos de pista.

Una de las características principales de las pistas serán la orientación y número. Dentro de los principales factores que intervienen en la orientación y número de pistas podremos mencionar:

A) Las condiciones meteorológicas, teniendo en cuenta como la de mayor peso, a la distribución de vientos y la presencia de neblinas.

B) La topografía del emplazamiento del aeródromo y del terreno circundante.

C) El tipo y volumen de tránsito a prestar servicio.

D) Factores relacionados al medio ambiente, tomando en cuenta como uno de los principales efectos al ruido.

E) Las características del comportamiento de los aviones.



Hasta en donde permitan la mayoría de estos factores, la pista principal deberá de estar orientada hacia la dirección de los vientos predominantes. Teniendo en cuenta que ésta orientación deberá de estar libre de obstáculos de modo que las aproximaciones y los despegues se realicen de manera segura para los diferentes tipos de aeronaves a operar dentro del aeropuerto.

Se tendrá también que analizar la disposición de un suficiente número de pistas para atender las necesidades del tránsito aéreo, en su número de operaciones en la hora crítica, la mezcla de los diferentes tipos de aviones, sin dejar de tener en cuenta el factor económico. A la vez que se buscará la manera en que las aeronaves no vuelen directo sobre las zonas pobladas.

También será necesario el definir si el aeropuerto será utilizado en todo tipo de condiciones meteorológicas o solamente en condiciones de vuelo visual, ya sea de día y de noche o únicamente de día. En el caso de vuelos por instrumentos será necesario, tener atención sobre los procedimientos de aproximación y los de aproximación frustrada, con el fin de revisar la presencia de obstáculos situados en estas áreas y que puedan restringir la operación de los aviones.

#### 5.1.1) ESTUDIO DE VIENTOS

Para la orientación de la pista será necesario el estudio detallado de la distribución de los vientos, para poder obtener un coeficiente de utilización. Se deberán de tomar dentro de estos factores, uno que es de vital importancia, que es el del valor máximo de la componente transversal de este viento predominante. La O.A.C.I especifica, que para considerar un viento predominante será el que tenga un coeficiente de utilización no menor de 95%, con un componente de viento transversal del siguiente modo (tabla 5.1):

COMPONENTE DE VIENTO TRANSVERSAL	LONGITUD DE CAMPO DE REFERENCIA DEL AVION
27 Km/h (15 nudos)	1,500 m o mas
29 Km/h (16 nudos)	1,700 m - 1,500 m exclusiva
31 Km/h (17 nudos)	menos de 1,200 m

TABLA 5.1

Se deberá de tener en cuenta el estudio de los vientos en diferentes casos de visibilidad y/o altura de la base de nubes bajas, teniendo en cuenta su frecuencia así como la dirección y la velocidad de los vientos en esos casos.

La elección de datos que se han de usar en el cálculo del coeficiente de utilización, deberá de basarse en estadísticas confiables de la distribución de vientos, abarcando el mayor tiempo posible, siendo éste no menor de 5 años. Estas observaciones deberán de ser por lo menos ocho veces al día, en intervalos iguales.

#### 5.1.2) LONGITUD DE DESPEGUE REQUERIDA POR LOS AVIONES

La longitud que requiere cualquier aeronave para su despegue, deberá de ser lo suficientemente grande para poder asegurar que después de iniciar este despegue, pueda detenerse el avion con seguridad o concluir este con normalidad.

La pista deberá de contar con un espacio conocido como zona de parada o zona libre de obstáculos, que deberá de ser lo suficientemente grande para las características de despegue y las condiciones atmosféricas reinantes.



El piloto podrá decidir si frena el avión o continua acelerando hasta llegar a la velocidad rotatoria ( es la velocidad en que el piloto inicia la rotación con el fin de levantar el tren de aterrizaje de proa ), en el punto "C", con lo cual cobra un empuje llegando a la velocidad  $V_{lof}$  ( es la velocidad en que el avión entra en sustentación con el aire ), en el punto "D".

Tras lo cual el avión llega al extremo del recorrido de despegue en el punto "X", y prosigue hasta la altura de 10.7 m ( 35 ft ), al final de la distancia de despegue, en el punto "Z".

Las distancias de despegue y de aceleración-parada con motor inactivo varían según la velocidad de decisión, también si se reduce la distancia al punto "E" ( en la figura 5.1 ), sucediendo lo mismo con la distancia de aceleración - parada, por lo que podremos decir, en éste caso que la pista se encuentra desbalanceada.

En determinadas circunstancias, la construcción de la pistas con zonas de parada y zonas libres de obstáculos, podrá resultar mas ventajosa que la construcción de pistas convencionales.

Est. elección se deberá de efectuar al tomar en cuenta las condiciones económicas y materiales locales como: superficies de franqueamiento de obstáculos del emplazamiento, características del suelo, posibilidad de adquirir el terreno, los planes de desarrollo a futuro, intervalo de tiempo requerido para realizar las obras, etc.

La construcción de estas zonas de parada deberán de ser en ambos sentidos de la pista, ya que normalmente se utilizará en dos sentidos. Estas zonas de parada serán utilizadas únicamente en casos excepcionales durante el despegue, lo que pueden preverse con frecuencia sin grandes gastos, y desde el punto de vista operacional su instalación equivale para los aviones como una prolongación de la pista.

Para el caso de aterrizaje, normalmente las distancias no son críticas, por lo que se deberán de consultar las gráficas de performance de aterrizaje de los aviones, para comprobar los requisitos de longitud de pista para el despegue garantizan una longitud adecuada de aterrizaje.

En los casos que la longitud de performance de aterrizaje sea mayor a la requerida por la de despegue, se reducirá dividiendo la distancia de aterrizaje por 0.5, este factor determinará la longitud mínima de pista requerida.

### 5.1.3) CALCULO DE DISTANCIAS DECLARADAS

Para conocer y obtener información precisa sobre los diferentes distancias físicas disponibles, adecuadas para el despegue y aterrizaje, se designaron las siguientes cuatro distancias declaradas por la O.A.C.I :

I) Recorrido de despegue disponible (TORA): Es la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión en despegue.

II) Distancia de despegue disponible (TODA): Es la longitud de recorrido de despegue disponible más la longitud de la zona libre si la hubiera.

III) Distancia de aceleración-parada disponible (ASDA): Es la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de la zona de parada, si la hubiera.

IV) Distancia de aterrizaje disponible (LDA): La longitud de pista decalarada disponible adecuada para el recorrido en tierra de un avión que aterrice.

Teniendo en cuenta que la pista no se encuentre provista de una zona libre de obstáculos y además del umbral de la pista se encuentre en el extremos de la misma, se tendrá una longitud igual en las cuatro distancias declaradas, como se ilustra en la figura 5.2

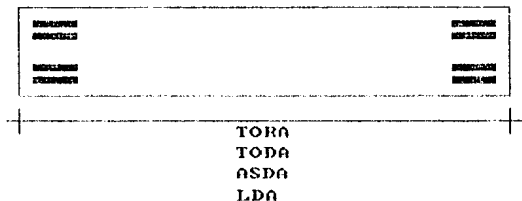


Fig 5.2

Si en la pista se encuentra una zona libre de obstáculos a la cual se le nombrará (CWY), entonces en la distancia TODA se incluirá la longitud libre de obstáculos. Como se ilustra en la figura 5.3

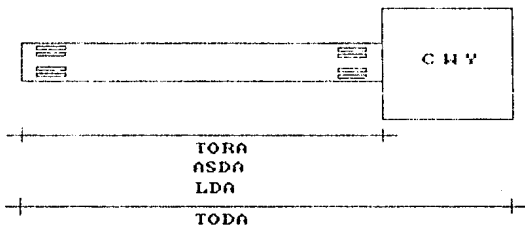


Fig 5.3

Si la pista tiene la zona de parada (SWI), entonces la distancia ASDA se incluirá en la longitud de la zona de parada, como se ilustra en la figura 5.4

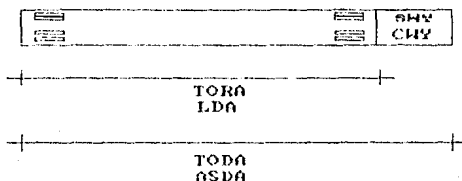


Fig 5.4

En el caso en que la pista tenga un umbral desplazado, el cálculo de la distancia LDA será el resultado de la diferencia entre la longitud de pista y la distancia que se desplazó el umbral de la pista, como se indica en la figura 5.5

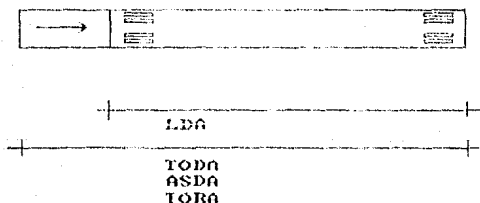
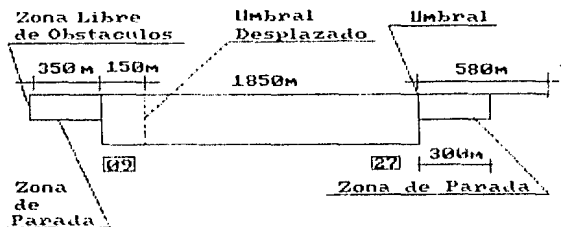


Fig 5.5

Para el resumen de estas características, la O.A.C.I ha elaborado un formato en el cual se pueden leer las características y longitudes decaldradas de cada pista, este formato se muestra en la figura 5.6



PISTA	TORA	ASDA	TODA	LDA
	M	M	M	M
09	2,000	2,000	2,580	1,850
27	2,000	2,350	2,350	2,000

Fig 5.6

Para el caso del aeropuerto Mariano Matamoros de la Ciudad de Cuernavaca las distancias declaradas se muestran en la figura 5.7 tomada de la Publicación de Información Aeronautica.

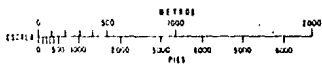
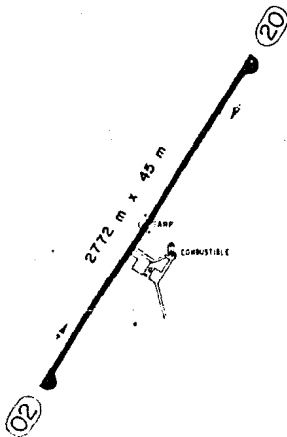
Nota: En el capítulo 7 se explicará la diferencia de longitudes de pista declarada por la publicación y la distancia descrita en el capítulo 4.



TWR 118.7

CUERNAVACA, MOR.

ELFV 1280m 4199 FT 18°50'09"N 99°15'45"W



INFORMACION ADICIONAL DE PISTAS

PISTA	ILUMINACION	DISTANCIAS DECLARADAS								ANCHO	
		TORA		ASGA		TODA		LDA		m	FT
02	MIRL -	m	FT	m	FT	m	FT	m	FT	45	148
20	MIRL -	2772	9094	2772	9094	2772	9094	2772	9094		

MINIMOS METEOROLOGICOS TECHO EN FT Y VISIBILIDAD EN SM y (mi)		MCA, ALTITUDES MINIMAS DE CRUCE O PARA ABANDONAR LA ESTACION				ALTERNO	
EQUIPO	DESPEGUE	VER CARTA CORRESPONDIENTE				_____	
	DIA PISTA 02/20	ASCENSOS					
1 y 2 MOTORES	600-1 1/2 (2400m)	VER CARTA CORRESPONDIENTE					
3 O MAS MOTORES							

NOTAS.- LUCES EN CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMA

Fig 5.7

#### 5.1.4 ANALISIS DE LA PISTA DEL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA.

La pista del aeropuerto de la Ciudad de Cuernavaca cuenta con una longitud de 3800 m y un ancho de 45 m, con una altitud de 1250 m.s.n.m. ( 4,100 pies ), la temperatura de referencia máxima es de 26 grados centigrados. Para el análisis de la pista, en principio utilizaremos como aviones de diseño al ATR-42 y el Fokker 27, teniendo en cuenta que serán los aviones indicados para operar en el principio del aeropuerto.

Para el análisis recurriremos a la longitud de campo de referencia, proporcionada por los fabricantes. En el caso del ATR-42 versión 300, tendremos una longitud de despegue compensada ( a una altitud de 3,000 pies, en condiciones atmosféricas ISA + 10 grados centigrados ) de 1350 m. En el caso del Fokker 27 se tendrá una longitud de despegue compensada, en las mismas condiciones atmosféricas, de 1,670 m.

Podemos observar que para ambas aeronaves la longitud de despegue requerida está cubierta, en este aeropuerto, por lo que no existirá ninguna restricción para la operación de estas aeronaves.

Como siguiente paso del análisis de la pista, utilizaremos una aeronave con motores turboreactores, como es el Boeing 727 en su versión 200.

En este caso comenzaremos con la ruta más crítica que se prevé operen las aeronaves en este aeropuerto, esta ruta será la de mayor distancia a recorrer con el mayor volumen de personas a transportar.

Las rutas a cubrir serán las mencionadas en el capítulo 3 de este trabajo.

En el análisis nos basaremos principalmente en las gráficas proporcionadas por los manuales de operación de la aeronave, diseñados por los fabricantes. Teniendo en cuenta que los rendimientos de la aeronave están relacionados principalmente con la altitud en la cual se encuentre el aeropuerto y la temperatura máxima de referencia en el sitio. Estos dos factores nos brindarán las características de la densidad del aire, la cual forma parte de la ecuación de sustentación de un objeto en el aire, por lo que si se tiene menor densidad del aire, la aeronave requerirá de una mayor velocidad para poder lograr el despegue, reflejándose en una necesidad de mayor longitud de pista para el despegue ó en su defecto se requerirán unos motores de mayor potencia que le proporcionen un mayor impulso. En la tabla 5.2 podremos observar las distancias desde el aeropuerto de Cuernavaca hacia los diferentes puntos a cubrir.

Ruta	Distancia en Millas Nauticas	Velocidad Máxima en Millas por hora	Tiempo de Vuelo
Ruta 1			
GDL	218	462 = 50	284
SJO	647	462 = 50	714
TJU	1372	462 = 50	1463
Ruta 2			
HLY	646	620 = 40	610
ZOL	525	620 = 40	490
HCS	530	620 = 40	495
SEP	275	620 = 40	265
TFC	471	620 = 40	492
LAF	646	620 = 40	610
Ruta 3			
VER	204	440 = 40	260
PUE	36	440 = 50	11
Ruta 4			
OAX	178	440 = 60	240
Ruta 5			
ACB	126	440 = 40	160

Tabla 5.2

Como se puede apreciar en la tabla 5.2, el destino de mayor distancia es la Ciudad de Tijuana con 1432 m.n, pero la descartaremos como ruta crítica debido a su escaso movimiento de pasajeros. Es así como seleccionamos la ruta entre las Ciudades de Cuernavaca y Monterrey, como la ruta crítica para el análisis.

La longitud de pista la obtendremos mediante las gráficas del manual de operaciones del Boieng 727-200, el cálculo lo realizaremos utilizando dos tipos de motores que utiliza la aeronave , siendo estos los motores JT8D-15 y Jt8D-17.

Contando con los siguientes datos sobre el aeródromo:

- \_ Altitud .....1250 m.s.n.m (4,101 pies).
- \_ Temperatura de referencia.....26 grados centigrados.
- \_ Longitud de pista disponible....3,800 m (12,467 pies).
- \_ Pendiente de la pista.....1%
- \_ Viento .....0 nudos.
- \_ Posición de aletas.....15 grados.

Es también necesario conocer el peso de la aeronave para el recorrido de esta ruta. Este peso lo podremos definir por medio de tablas obtenidas del manual de vuelo de la aeronave. Este peso se encuentra relacionado a las condiciones de vuelo.

Para este estudio se utilizaron diferentes niveles de vuelo, así como serán diferentes las condiciones atmosféricas del vuelo.

El peso de la aeronave se obtiene mediante el uso de las siguientes tablas:

- \_ Tabla 5.3 : Nivel de vuelo 230 a una velocidad .79 mach.
- \_ Tabla 5.4 : Nivel de vuelo 250 a una velocidad .80 mach.
- \_ Tabla 5.5 : Nivel de vuelo 250 a una velocidad .82 mach.
- \_ Tabla 5.6 : Nivel de vuelo 260 a una velocidad .84 mach.

Estas tablas se muestran a partir de la siguiente página.

Tomando las diferentes características encontraremos que la distribución de los pesos se encuentra de la siguiente manera mostrada en la tabla 5.7

Nivel de vuelo	Velocidad	Altitud	Temperatura
230	.79 mach	10,000 ft	5,000 ft
250	.80 mach	10,000 ft	5,000 ft
250	.82 mach	10,000 ft	5,000 ft
260	.84 mach	10,000 ft	5,000 ft

Tabla 5.7

Tomando el mayor peso ya que será el que nos va a requerir de la mayor longitud de pista para el despegue. En este caso tendremos un peso aproximado de 60,270 kg. Para poder utilizar las gráficas tomaremos como peso de despegue 65,000 kg, ya que es el valor mínimo de las gráficas.

PLAN DE VUELO  
CRUCERO A .79 MACH IND.  
3 MOTORES, 7 DESCARGAS  
LIMITE DE EMPUJE MAXIMO  
DE CRUCERO

ALCANCE EN CRUCERO  
ISA

NIVEL DE VUELO 230

TAS 479 NUDOS  
ISA = -30.6°C

PESO KG ↓	→ 0 100 200 210 300 400 500 600 700 800 900									
	DISTANCIA DE VUELO EN CRUCERO M.N.									
55000	0	10	20	30	39	49	59	69	79	89
56000	98	108	118	128	138	147	157	167	177	187
57000	197	206	216	226	236	245	255	265	275	284
58000	294	304	314	323	333	343	353	362	372	382
59000	391	401	411	420	430	440	450	459	469	479
60000	488	498	508	517	527	536	546	556	565	575
61000	585	594	604	613	623	633	642	652	661	671
62000	681	690	700	709	719	728	738	747	757	766
63000	776	786	795	805	814	824	833	843	852	862
64000	871	881	890	899	909	918	928	937	947	956
65000	966	975	984	994	1003	1013	1022	1032	1041	1050
66000	1060	1069	1079	1088	1097	1107	1116	1125	1135	1144
67000	1154	1163	1172	1182	1191	1200	1210	1219	1228	1238
68000	1247	1256	1265	1275	1284	1293	1303	1312	1321	1331
69000	1340	1349	1358	1368	1377	1386	1395	1405	1414	1423
70000	1432	1442	1451	1460	1469	1478	1488	1497	1506	1515
71000	1524	1534	1543	1552	1561	1570	1579	1589	1598	1607
72000	1616	1625	1634	1643	1653	1662	1671	1680	1689	1698
73000	1707	1716	1725	1734	1744	1753	1762	1771	1780	1789
74000	1798	1807	1816	1825	1834	1843	1852	1861	1870	1879
75000	1888	1897	1906	1915	1924	1933	1942	1951	1960	1969
76000	1978	1987	1996	2005	2014	2023	2032	2041	2050	2059
77000	2068	2077	2086	2095	2103	2112	2121	2130	2139	2148
78000	2157	2166	2175	2184	2192	2201	2210	2219	2228	2237
79000	2245	2254	2263	2272	2281	2289	2298	2307	2316	2325
80000	2333	2342	2351	2360	2369	2377	2386	2395	2404	2412
81000	2421	2430	2439	2447	2456	2465	2473	2482	2491	2500
82000	2508	2517	2526	2534	2543	2552	2560	2569	2578	2586
83000	2595	2604	2612	2621	2630	2638	2647	2656	2664	2673
84000	2681	2690	2699	2707	2716	2724	2733	2742	2750	2759
85000	2767	2776	2784	2793	2802	2810	2819	2827	2836	2844
86000	2853	2861	2870	2878	2887	2895	2904	2912	2921	2929
87000	2938	2946	2955	2963	2972	2980	2989	2997	3006	3014
88000	3022	3031	3039	3048	3056	3064	3073	3081	3090	3098
89000	3107	3115	3123	3132	3140	3148	3157	3165	3173	3182
90000	3190	3199	3207	3215	3223	3232	3240	3248	3257	3265
91000	3273	3282	3290	3298	3307	3315	3323	3331	3340	3348
92000	3356	3364	3373	3381	3389	3397	3405	3414	3422	3430
93000	3438	3447	3455	3463	3471	3479	3487	3496	3504	3512
94000	3520	3528	3536	3545	3553	3561	3569	3577	3585	3593
95000	3601	3609	3618	3626	3634	3642	3650	3658	3666	3674
96000	3682	3690	3698	3706	3714	3722	3730	3738	3746	3754

NOTA-AJUSTES PARA OPERACION CON TEMPERATURAS DIFERENTES A LA ESTANDAR:  
AUMENTAR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ARRIBA DE ISA  
DISMINUIR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ABAJO DE ISA  
AUMENTAR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ARRIBA DE ISA  
DISMINUIR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ABAJO DE ISA

NOTA-EL PESO OPTIMO PARA EL NIVEL DE VUELO EXCEPT EL LIMITE ESTRUCTURAL.  
LOS PESOS LIMITADOS POR EMPUJE HASTA ISA + 15 EXCEDEN EL LIMITE --  
ESTRUCTURAL.

Tabla 5.1

K26-D-2 & 10.007A

PLAN DE VUELO  
CRUCERO A .80 MACH IND.  
3 MOTORES, 2 DESCARGAS  
LIMITE DE EMPUJE MAXIMO  
DE CRUCERO

ALCANCE EN CRUCERO  
ISA

NIVEL DE VUELO 250

TAS 481 HUDOS  
ISA = -34.5°C

PESO KG	DISTANCIA DE VUELO EN CRUCERO M.N.									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
55000	0	10	21	31	42	52	62	73	83	93
56000	104	114	124	135	145	155	166	176	186	197
57000	207	217	228	238	248	258	269	279	289	300
58000	310	320	330	340	351	361	371	381	392	402
59000	412	422	432	443	453	463	473	483	493	504
60000	514	524	534	544	554	564	574	585	595	605
61000	615	625	635	645	655	665	675	685	695	706
62000	716	726	736	746	756	766	776	786	796	806
63000	816	826	836	846	856	866	876	886	896	906
64000	916	926	936	945	955	965	975	985	995	1005
65000	1015	1025	1035	1045	1055	1064	1074	1084	1094	1104
66000	1114	1124	1134	1143	1153	1163	1173	1183	1193	1202
67000	1212	1222	1232	1242	1251	1261	1271	1281	1291	1300
68000	1310	1320	1330	1339	1349	1359	1369	1378	1388	1398
69000	1407	1417	1427	1437	1446	1456	1466	1475	1485	1495
70000	1504	1514	1524	1533	1543	1552	1562	1572	1581	1591
71000	1601	1610	1620	1629	1639	1649	1658	1668	1677	1687
72000	1696	1706	1716	1725	1735	1744	1754	1763	1773	1782
73000	1792	1801	1811	1820	1830	1839	1849	1858	1868	1877
74000	1887	1896	1906	1915	1924	1934	1943	1953	1962	1972
75000	1981	1990	2000	2009	2019	2028	2037	2047	2056	2065
76000	2075	2084	2094	2103	2112	2122	2131	2140	2150	2159
77000	2168	2177	2187	2196	2205	2215	2224	2233	2242	2252
78000	2261	2270	2279	2289	2298	2307	2316	2326	2335	2344
79000	2353	2363	2372	2381	2390	2399	2408	2418	2427	2436
80000	2445	2454	2463	2473	2482	2491	2500	2509	2518	2527
81000	2537	2546	2555	2564	2573	2582	2591	2600	2609	2618
82000	2627	2636	2645	2654	2663	2672	2681	2690	2700	2709
83000	2718	2727	2735	2744	2753	2762	2771	2780	2789	2798
84000	2807	2816	2825	2834	2843	2852	2861	2870	2879	2887
85000	2896	2905	2914	2923	2932	2941	2950	2958	2967	2976
86000	2985	2994	3003	3011	3020	3029	3038	3047	3055	3064
87000	3073	3082	3090	3099	3108	3117	3125	3134	3143	3152
88000	3160	3169	3178	3186	3195	3204	3212	3221	3230	3239
89000	3247	3256	3264	3273	3282	3290	3299	3308	3316	3325
90000	3333	3342	3351	3359	3368	3376	3385	3393	3402	3410
91000	3419	3428	3436	3445	3453	3462	3470	3479	3487	3496
92000	3504	3513	3521	3529	3538	3546	3555	3563	3572	3580
93000	3588	3597	3605	3614	3622	3630	3639	3647	3655	3664
94000	3672	3681	3689	3697	3705	3714	3722	3730	3739	3747
95000	3755	3764	3772	3780	3788	3797	3805	3813	3821	3830
96000	3838	3846	3854	3862	3871	3879	3887	3895	3903	3911

NOTA-AJUSTES PARA OPERACION CON TEMPERATURAS DIFERENTES A LA ESTANDAR:  
AUMENTAR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ARRIBA DE ISA  
DISMINUIR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ABAJO DE ISA  
AUMENTAR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ARRIBA DE ISA  
DISMINUIR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ABAJO DE ISA

NOTA-EL PESO OPTIMO PARA EL NIVEL DE VUELO EXCEDE EL LIMITE ESTRUCTURAL.  
LOS PESOS LIMITADOS POR EMPUJE HASTA ISA + 15 EXCEDEN EL LIMITE --  
ESTRUCTURAL.

Table C.4

JT8D-17R

2-K27A

Jul 01/81

K140-28.1000J

PLAN DE VUELO  
CRUCERO A .82 MACH IND.  
3 MOTORES, 2 DESCARGAS  
LIMITE DE EMPUJE MAXIMO  
DE CRUCERO

ALCANCE EN CRUCERO  
ISA

NIVEL DE VUELO 250

TAS 493 NUDCS  
ISA = -34.5°C

PESO KG ↓	→ 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900									
	DISTANCIA DE VUELO EN CRUCERO M.N.									
55000	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
56000	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
57000	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
58000	300	310	320	330	340	350	359	369	379	389
59000	399	409	419	429	439	448	458	468	478	488
60000	498	508	517	527	537	547	557	567	576	586
61000	596	606	616	625	635	645	655	665	674	684
62000	694	704	713	723	733	743	752	762	772	782
63000	791	801	811	820	830	840	850	859	869	879
64000	888	898	908	917	927	937	946	956	965	975
65000	985	994	1004	1014	1023	1033	1042	1052	1062	1071
66000	1081	1090	1100	1109	1119	1129	1138	1148	1157	1167
67000	1176	1186	1195	1205	1214	1224	1233	1243	1252	1262
68000	1271	1281	1290	1300	1309	1319	1328	1338	1347	1357
69000	1376	1376	1385	1394	1404	1413	1423	1432	1441	1451
70000	1460	1470	1479	1488	1496	1507	1517	1526	1535	1545
71000	1554	1563	1573	1582	1591	1601	1610	1619	1629	1638
72000	1647	1657	1666	1675	1684	1694	1703	1712	1722	1731
73000	1740	1749	1759	1768	1777	1786	1795	1805	1814	1823
74000	1832	1842	1851	1860	1869	1878	1887	1897	1906	1915
75000	1924	1933	1943	1952	1961	1970	1979	1988	1997	2006
76000	2016	2025	2034	2043	2052	2061	2070	2079	2088	2097
77000	2107	2116	2125	2134	2143	2152	2161	2170	2179	2188
78000	2197	2206	2215	2224	2233	2242	2251	2260	2269	2278
79000	2287	2296	2305	2314	2323	2332	2341	2350	2358	2367
80000	2376	2385	2394	2403	2412	2421	2430	2439	2448	2456
81000	2465	2474	2483	2492	2501	2510	2518	2527	2536	2545
82000	2554	2563	2571	2580	2589	2598	2607	2615	2624	2633
83000	2642	2651	2659	2668	2677	2686	2694	2703	2712	2721
84000	2729	2738	2747	2755	2764	2773	2782	2790	2799	2808
85000	2816	2825	2834	2842	2851	2860	2868	2877	2886	2894
86000	2903	2911	2920	2929	2937	2946	2954	2963	2972	2980
87000	2989	2997	3006	3014	3023	3031	3040	3049	3057	3066
88000	3074	3083	3091	3100	3108	3117	3125	3134	3142	3151
89000	3159	3167	3176	3184	3193	3201	3210	3218	3226	3235
90000	3243	3252	3260	3268	3277	3285	3293	3302	3310	3319
91000	3327	3335	3344	3352	3360	3368	3377	3385	3393	3402
92000	3410	3418	3426	3435	3443	3451	3459	3468	3476	3484
93000	3492	3501	3509	3517	3525	3533	3541	3550	3558	3566
94000	3574	3582	3590	3599	3607	3615	3623	3631	3639	3647
95000	3655	3663	3671	3680	3688	3696	3704	3712	3720	3728
96000	3736	3744	3752	3760	3768	3776	3784	3792	3800	3808

NOTA-AJUSTES PARA OPERACION CON TEMPERATURAS DIFERENTES A LA ESTANDAR:  
AUMENTAR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ARRIBA DE ISA  
DISMINUIR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ABAJO DE ISA  
AUMENTAR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ARRIBA DE ISA  
DISMINUIR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ABAJO DE ISA

NOTA-EL PESO OPTIMO PARA EL NIVEL DE VUELO EXCEDE EL LIMITE ESTRUCTURAL.  
LOS PESOS LIMITADOS POR EMPUJE HASTA ISA + 15 EXCEDEN EL LIMITE ESTRUCTURAL.

Tabla 5.5

JTCO-17R

2-K27A  
Jul 01/81



# BOEING 787 MANUAL DE OPERACION

PLAN DE VUELO  
CRUCERO A .84 MACH IND.  
3 MOTORES, 2 DESCARGAS  
LIMITE DE EMPUJE MAXIMO  
DE CRUCERO

ALCANCE EN CRUCERO  
ISA

TAS 503 NUDOS  
ISA = -36.5°C

NIVEL DE VUELO 260

PESO KG ↓	→ 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900									
	DISTANCIA DE VUELO EN CRUCERO M.N.									
55000	0	10	20	30	40	50	60	70	80	89
56000	99	109	119	129	139	149	159	169	179	189
57000	198	208	218	228	238	248	258	267	277	287
58000	297	307	317	327	336	346	356	366	376	385
59000	395	405	415	425	434	444	454	464	473	483
60000	493	503	512	522	532	542	551	561	571	581
61000	590	600	610	619	629	639	648	658	668	677
62000	687	697	706	716	726	735	745	755	764	774
63000	784	793	803	812	822	831	841	851	860	870
64000	879	889	899	908	918	927	937	946	956	965
65000	975	984	994	1003	1013	1022	1032	1041	1051	1060
66000	1070	1079	1089	1098	1108	1117	1127	1136	1145	1155
67000	1164	1174	1183	1193	1202	1211	1221	1230	1240	1249
68000	1258	1268	1277	1286	1295	1305	1315	1324	1333	1343
69000	1352	1361	1371	1380	1389	1399	1408	1417	1426	1436
70000	1445	1454	1464	1473	1482	1491	1501	1510	1519	1528
71000	1538	1547	1556	1565	1574	1584	1593	1602	1611	1621
72000	1630	1639	1648	1657	1667	1676	1685	1694	1703	1712
73000	1722	1731	1740	1749	1758	1767	1776	1785	1794	1804
74000	1813	1822	1831	1840	1849	1858	1867	1876	1885	1894
75000	1903	1912	1921	1930	1939	1949	1958	1967	1976	1985
76000	1994	2003	2012	2020	2029	2038	2047	2056	2065	2074
77000	2083	2092	2101	2110	2119	2128	2137	2146	2155	2163
78000	2172	2181	2190	2199	2208	2217	2226	2234	2243	2252
79000	2261	2270	2279	2287	2296	2305	2314	2323	2331	2340
80000	2349	2358	2367	2375	2384	2393	2402	2410	2419	2428
81000	2437	2445	2454	2463	2471	2480	2489	2498	2506	2515
82000	2524	2532	2541	2550	2558	2567	2576	2584	2593	2601
83000	2610	2619	2627	2636	2644	2653	2662	2670	2679	2687
84000	2696	2705	2713	2722	2730	2739	2747	2756	2764	2773
85000	2781	2790	2798	2807	2815	2824	2832	2841	2849	2858
86000	2866	2874	2883	2891	2900	2908	2917	2925	2933	2942
87000	2950	2959	2967	2975	2984	2992	3000	3009	3017	3025
88000	3034	3042	3050	3059	3067	3075	3083	3092	3100	3108
89000	3117	3125	3133	3141	3149	3158	3166	3174	3182	3191
90000	3199	3207	3215	3223	3231	3240	3248	3256	3264	3272
91000	3280	3288	3297	3305	3313	3321	3329	3337	3345	3353
92000	3361	3369	3377	3385	3393	3401	3409	3417	3425	3433
93000	3441	3449	3457	3465	3473	3481	3489	3497	3505	3513
94000	3521	3529	3537	3545	3553	3560	3568	3576	3584	3592
95000	3600	3608	3615	3623	3631	3639	3647	3654	3662	3670
96000	3678	3686	3693	3701	3709	3717	3724	3732	3740	3747

A-26-D-24 10 00 00

NOTA-AJUSTES PARA OPERACION CON TEMPERATURAS DIFERENTES A LA ESTANDAR:  
 AUMENTAR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ARRIBA DE ISA  
 DISMINUIR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ABAJO DE ISA  
 AUMENTAR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ARRIBA DE ISA  
 DISMINUIR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ABAJO DE ISA

NOTA-EL PESO OPTIMO PARA EL NIVEL DE VUELO EXCEDE EL LIMITE ESTRUCTURAL.  
 LOS PESOS LIMITADOS POR EMPUJE HASTA ISA + 10 EXCEDEN EL LIMITE --  
 ESTRUCTURAL.  
 EL PESO LIMITADO POR EMPUJE PARA ISA + 15 ES 89300 KG

Con las condiciones físicas del aeropuerto de Cuernavaca antes descritas y el peso obtenido anteriormente, haremos uso de las gráficas 5.1 y 5.2. Será también necesario conocer las características de EPR promedio de los motores, el cual lo obtenemos mediante la tabla que se encuentra junto a la gráfica 5.1 y 5.2. Para este caso obtendremos los valores mostrados a continuación:

	Motor JT8D-15	Motor JT8D-17
EPR promedio para CVA	2.11	2.15

Haciendo uso de estas gráficas obtenemos los resultados mostrados en la tabla 5.8:

	Motor JT8D-15	Motor JT8D-17
Longitud de pista requerida	2,042 mts.	2,011 mts.
Pista requerida	6,700 pies	6,600 pies

Tabla 5.8

El peso de despegue también se encuentra sujeto a la capacidad de la aeronave para el ascenso del segundo segmento. Para lo cual utilizaremos la tabla mostrada en la parte superior derecha gráfica 5.1. Para el caso de los motores JT8D-17 recurriremos a la gráfica 5.3. Estos pesos se encuentran mostrados en la tabla 5.9

	Motor JT8D-15	Motor JT8D-17
Peso limitado por 2º segmento	81,000 lb.	83,000 lb.

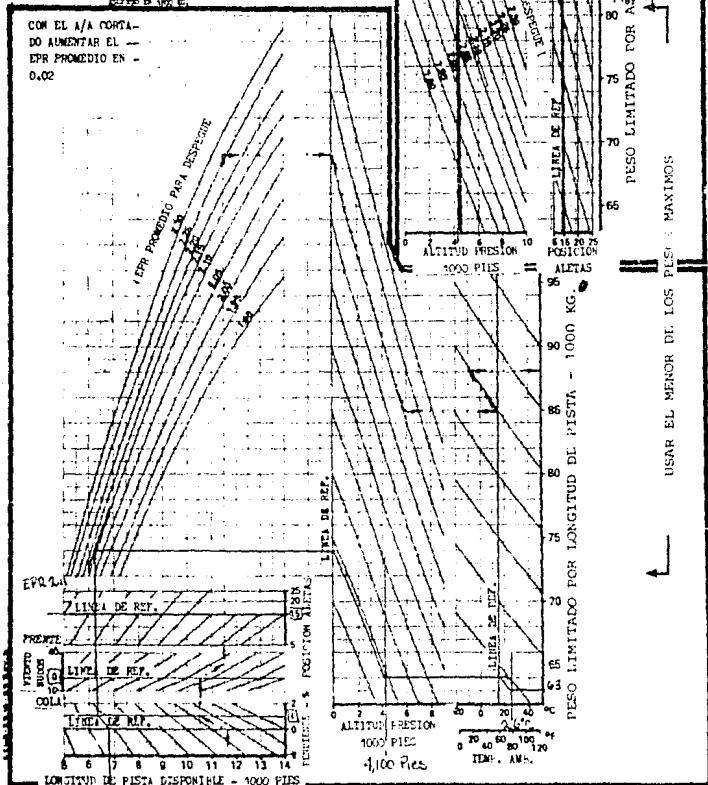
Tabla 5.9

EPR PROMEDIO PARA DESPEGUE - A/A PUESIO											
ALT. PIES.	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
-1400	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06
S.L.	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
1500	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
1600	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21
1700	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27
1800 Y SUPERIOR	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31

NOTAS:  
1. ALTITUD PARA DESPEGUE.  
2. AIRE ADICIONADO FUENTE.  
3. CORRECCION DE AIRE DENSIDAD.  
4. LÍNEA AVISO DE FALLA DE MOTOR OPERATIVA.

RECOMENDACIONES:  
1. REVISAR EL EPR PROMEDIO DE DESPEGUE DE LA TABLA.  
2. CON PARTICIPACION DEL PASAJERO, VERIFICAR LA POSICION DE LA PISTA.  
3. MANTENER EL PESO LIMITADO POR LONGITUD DE LA PISTA Y EL PESO LIMITADO POR ALTITUD EN TODOS LOS CASOS. EL PESO LIMITADO POR ALTITUD DEBE SER EL MENOR DE LOS PESOS LIMITADOS POR LONGITUD DE LA PISTA Y EL PESO LIMITADO POR ALTITUD EN TODOS LOS CASOS.

CORTE AUTO. A/A INGV.	LIMIT. ASOR.	LIMIT. PISTA
LÍNEA FALLA MOT. INGV.	0	-1100 KG



JT8D-15

6,700 pies

Gráfica 10.1

**DESPEGUE**

Grafica 5.2

**JT8D-17**

**PESO LIMITADO POR PISTA**

Basado en:

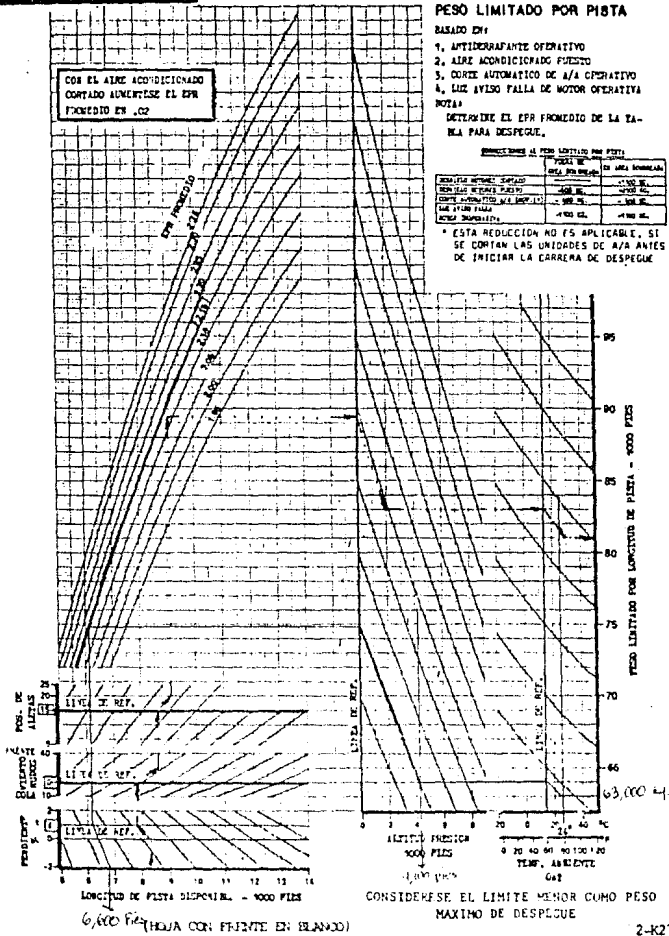
1. ANTIDERRAFANTE OPERATIVO
2. AIRE ADICIONADO FUERTE
3. CORTE AUTOMATICO DE A/A OPERATIVO
4. LUZ AVISO FALLA DE MOTOR OPERATIVA

NOTA:  
DETERMINE EL EPR PROMEDIO DE LA TABLA PARA DESPEGUE.

CONSIDERE EL PESO LIMITADO POR PISTA

TIPO DE	EN AREA NOMINAL
DESPEGUE NORMAL (SOPLO)	1100 LB.
DESPEGUE FUERTE (SOPLO)	1200 LB.
CORTE AUTOMATICO (A/A DESPL.)	1300 LB.
LUZ AVISO FALLA MOTOR (MOTOR)	1400 LB.

\* ESTA REDUCCION NO ES APLICABLE, SI SE CORTAN LAS UNIDADES DE A/A ANTES DE INICIAR LA CARRERA DE DESPEGUE



**JT8D-17**

PESO LIMITADO  
POR ASCENSO

- BASADO EN:  
1. EL CORRE AUTOMATICO DE A/A OPERATIVO, O  
2. CON A/A CORTADO.

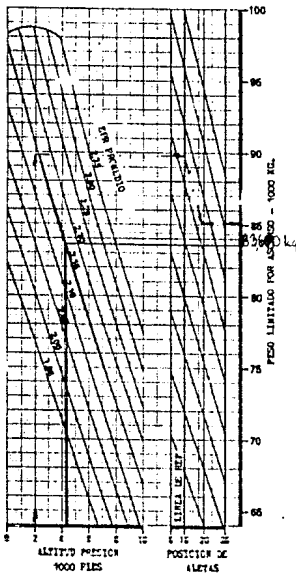
NOTA:

DETERMINE EL EPR PROMEDIO DE DESPELLE DE LA TABLA ADJUNTA.

**CORRECCIONES AL PESO LIMITADO POR ASCENSO**

	FLUJA DE AREA SOBRESIACA	EN AREA SOBRESIACA
DESPELLE A MOTORES PUESTO	-1100 KG	-3100 KG
DESPELLE A MOTORES CORTADO	-----	-1600
CORRE AUTOMATICO DE A/A OPERATIVO	-1450 KG*	-1450 KG*

\* APLICABLE SOLO CON LAS UNIDADES DE AIRE ACCORDIONADO PUESTAS.



EPR DE DESPELLE PROMEDIO		A/A PUESTO	
ALT. PROMEDIO	10	11	12
FLAPS	15	16	17
1000	2.09	2.09	2.09
2000	2.21	2.21	2.21
3000	2.28	2.28	2.28
4000	2.31	2.31	2.31
5000	2.34	2.34	2.34

2.15

Gráfica 5.0

(HOJA CON REVERSO EN ITALIANO)

Como el peso de despegue es menor a este peso que limita el ascenso, no existen problemas por segundo segmento.

Es así como la longitud requerida para el despegue será de 2,042 m, en el caso más desfavorable, por lo que comparando con la longitud disponible ( 3,800 m ), tendremos una diferencia de 1,758 m.

De manera analoga a la anterior calcularemos la longitud de pista para la ruta de mayor distancia que se espera utilizar, siendo entre CVA-TIJ. En la tabla 5.10, se muestra los resultados de este calculo.

	Distancia en M.N	Peso Maximo en Kilogramos	Longitud max. de Pista
Ruta CVA - TIJ	1,461	70,300	2,530 mts (8,300 pies)

Tabla 5.10

Con lo que tendremos un diferencia entre la longitud de pista a utilizar y la disponible de 1,270 m.

Con el uso de las tablas y las gráficas antes mencionadas, realizaremos el cálculo para toda la longitud de pista disponible, que en éste caso será de 3,800 m ( 12,467 pies ).

En este caso utilizaremos las gráficas de manera inversa al uso que le dimos en el cálculo pasado. De esta manera obtendremos el peso máximo con el que un avión de éste tipo podrá despegar en éste aeropuerto. Estos pesos son los mostrados en la tabla 5.11.

	Motor JT8D-15	Motor JT8D-17
Peso limitado por 3,800 m de pista	82,000 kg	86,000 kg

Tabla 5.11

Una vez conocido el peso máximo que podremos tener con la longitud total disponible, podremos conocer el alcance del avión. Utilizando a esta aeronave con los motores JT8D-17 obtendremos los resultados expresados en la tabla 5.12.

Nivel de vuelo	Velocidad	Alcance
230	.74 Mach	2,570 m.n
250	.80 Mach	3,000 m.n
250	.82 Mach	2,920 m.n
260	.84 Mach	3,080 m.n

Tabla 5.12

El alcance máximo obtenido será de 3003 millas náuticas, distancia suficiente para poder cubrir las rutas entre la Ciudad de Cuernavaca y Nueva York ó Cuernavaca - Caracas.

PLAN DE VUELO  
CRUCERO A . 79 MACH IND.  
3 MOTORES, 2 DESCARGAS  
LIMITES DE EMPUJE MAXIMO  
DE CRUCERO

. 77

ALCANCE EN CRUCERO  
ISA

NIVEL DE VUELO 230

TAS 479 NUDOS  
ISA = -30.6 °C

PESO KG	DISTANCIA DE VUELO EN CRUCERO M.N.									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
55000	0	10	20	30	39	49	59	69	79	89
56000	98	108	118	128	138	147	157	167	177	187
57000	197	206	216	226	236	245	255	265	275	284
58000	294	304	314	323	333	343	353	362	372	382
59000	391	401	411	420	430	440	450	459	469	479
60000	488	498	508	517	527	536	546	556	565	575
61000	585	594	604	613	623	633	642	652	661	671
62000	681	690	700	709	719	728	738	747	757	766
63000	776	786	795	805	814	824	833	843	852	862
64000	871	881	890	899	909	918	928	937	947	956
65000	966	975	984	994	1003	1013	1022	1032	1041	1050
66000	1060	1069	1079	1088	1097	1107	1116	1125	1135	1144
67000	1154	1163	1172	1182	1191	1200	1210	1219	1228	1238
68000	1247	1256	1265	1275	1284	1293	1303	1312	1321	1331
69000	1340	1349	1358	1368	1377	1386	1395	1405	1414	1423
70000	1432	1442	1451	1460	1469	1478	1488	1497	1506	1515
71000	1524	1534	1543	1552	1561	1570	1579	1589	1598	1607
72000	1616	1625	1634	1643	1653	1662	1671	1680	1689	1698
73000	1707	1716	1725	1734	1744	1753	1762	1771	1780	1789
74000	1798	1807	1816	1825	1834	1843	1852	1861	1870	1879
75000	1888	1897	1906	1915	1924	1933	1942	1951	1960	1969
76000	1978	1987	1996	2005	2014	2023	2032	2041	2050	2059
77000	2068	2077	2086	2095	2103	2112	2121	2130	2139	2148
78000	2157	2166	2175	2183	2192	2201	2210	2219	2228	2237
79000	2245	2254	2263	2272	2281	2289	2298	2307	2316	2325
80000	2333	2342	2351	2360	2369	2377	2386	2395	2404	2412
81000	2421	2430	2439	2447	2456	2465	2473	2482	2491	2500
82000	2508	2517	2526	2534	2543	2552	2560	2569	2578	2586
83000	2595	2604	2612	2621	2630	2638	2647	2656	2664	2673
84000	2681	2690	2699	2707	2716	2724	2733	2742	2750	2759
85000	2767	2776	2784	2793	2802	2810	2819	2827	2836	2844
86000	2853	2861	2870	2878	2887	2895	2904	2912	2921	2929
87000	2938	2946	2955	2963	2972	2980	2989	2997	3006	3014
88000	3022	3031	3039	3048	3056	3064	3073	3081	3090	3098
89000	3107	3115	3123	3132	3140	3148	3157	3165	3173	3182
90000	3190	3199	3207	3215	3223	3232	3240	3248	3257	3265
91000	3273	3282	3290	3298	3307	3315	3323	3331	3340	3348
92000	3356	3364	3373	3381	3389	3397	3405	3414	3422	3430
93000	3438	3447	3455	3463	3471	3479	3487	3496	3504	3512
94000	3520	3528	3536	3545	3553	3561	3569	3577	3585	3593
95000	3601	3609	3618	3626	3634	3642	3650	3658	3666	3674
96000	3682	3690	3698	3706	3714	3722	3730	3738	3746	3754

NOTA-AJUSTES PARA OPERACION CON TEMPERATURAS DIFERENTES A LA ESTANDAR:  
AUMENTAR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ARRIBA DE ISA  
DISMINUIR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ABAJO DE ISA  
AUMENTAR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ARRIBA DE ISA  
DISMINUIR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ABAJO DE ISA

NOTA-EL PESO OPTIMO PARA EL NIVEL DE VUELO EXCEDE EL LIMITE ESTRUCTURAL.  
LOS PESOS LIMITADOS POR EMPUJE HASTA ISA + 15 EXCEDEN EL LIMITE --  
ESTRUCTURAL.

Table 5.1

JT8D-17R



PLAN DE VUELO  
CRUCERO A .80 MACH IND.  
3 MOTORES, 2 DESCARGAS  
LIMITES DE EMPUJE MAXIMO  
DE CRUCERO

ALCANCE EN CRUCERO  
ISA

TAS 481 NUDOS  
ISA = -34.5°C

NIVEL DE VUELO 250

PESO KG	DISTANCIA DE VUELO EN CRUCERO M.N.									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
55000	0	10	21	31	42	52	62	73	83	93
56000	104	114	124	135	145	155	166	176	186	197
57000	207	217	228	238	248	258	269	279	289	300
58000	310	320	330	340	351	361	371	381	392	402
59000	412	422	432	443	453	463	473	483	493	504
60000	514	524	534	544	554	564	574	585	595	605
61000	615	625	635	645	655	665	675	685	695	706
62000	716	726	736	746	756	766	776	786	796	806
63000	816	826	836	846	856	866	876	886	896	906
64000	916	926	936	945	955	965	975	985	995	1005
65000	1015	1025	1035	1045	1055	1064	1074	1084	1094	1104
66000	1114	1124	1134	1143	1153	1163	1173	1183	1193	1202
67000	1212	1222	1232	1242	1251	1261	1271	1281	1291	1300
68000	1310	1320	1330	1339	1349	1359	1369	1378	1388	1398
69000	1407	1417	1427	1437	1446	1456	1466	1475	1485	1495
70000	1504	1514	1524	1533	1543	1552	1562	1572	1581	1591
71000	1601	1610	1620	1629	1639	1649	1658	1668	1677	1687
72000	1696	1706	1716	1725	1735	1744	1754	1763	1773	1782
73000	1792	1801	1811	1820	1830	1839	1849	1858	1868	1877
74000	1887	1896	1906	1915	1924	1934	1943	1953	1962	1972
75000	1981	1990	2000	2009	2019	2028	2037	2047	2056	2065
76000	2075	2084	2094	2103	2112	2122	2131	2140	2150	2159
77000	2168	2177	2187	2196	2205	2215	2224	2233	2242	2252
78000	2261	2270	2279	2289	2298	2307	2316	2326	2335	2344
79000	2353	2363	2372	2381	2390	2399	2408	2418	2427	2436
80000	2445	2454	2463	2473	2482	2491	2500	2509	2518	2527
81000	2537	2546	2555	2564	2573	2582	2591	2600	2609	2618
82000	2627	2636	2645	2654	2663	2672	2681	2690	2700	2709
83000	2718	2727	2735	2744	2753	2762	2771	2780	2789	2798
84000	2807	2816	2825	2834	2843	2852	2861	2870	2879	2887
85000	2896	2905	2914	2923	2932	2941	2950	2958	2967	2976
86000	2985	2994	3003	3011	3020	3029	3038	3047	3055	3064
87000	3073	3082	3090	3099	3108	3117	3125	3134	3143	3152
88000	3160	3169	3178	3186	3195	3204	3212	3221	3230	3239
89000	3247	3256	3264	3273	3282	3290	3299	3308	3316	3325
90000	3333	3342	3351	3359	3368	3376	3385	3393	3402	3410
91000	3419	3428	3436	3445	3453	3462	3470	3479	3487	3496
92000	3504	3513	3521	3529	3538	3546	3555	3563	3572	3580
93000	3588	3597	3605	3614	3622	3630	3639	3647	3655	3664
94000	3672	3681	3689	3697	3705	3714	3722	3730	3739	3747
95000	3755	3764	3772	3780	3788	3797	3805	3813	3821	3830
96000	3836	3846	3854	3862	3871	3879	3887	3895	3903	3911

NOTA-AJUSTES PARA OPERACION CON TEMPERATURAS DIFERENTES A LA ESTANDAR:  
AUMENTAR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ARRIBA DE ISA  
DISMINUIR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ABAJO DE ISA  
AUMENTAR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ARRIBA DE ISA  
DISMINUIR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ABAJO DE ISA

NOTA-EL PESO OPTIMO PARA EL NIVEL DE VUELO EXCEDE EL LIMITE ESTRUCTURAL.  
LOS PESOS LIMITADOS POR EMPUJE HASTA ISA + 15 EXCEDEN EL LIMITE --  
ESTRUCTURAL.

Tabla 5.4  
JT2D-17h

2-K27A  
Jul 01/81

XERO-29-10607

PLAN DE VUELO  
CRUCERO A .82 MACH IND.  
3 MOTORES. 2 DESCARGAS  
LIMITE DE EMPUJE MAXIMO  
DE CRUCERO

ALCANCE EN CRUCERO  
ISA

TAS 493 HUDOS  
ISA = -34.5°C

NIVEL DE VUELO 250

PESO KG	DISTANCIA DE VUELO EN CRUCERO M.H.									
	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
55000	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
56000	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
57000	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290
58000	300	310	320	330	340	350	359	369	379	389
59000	399	409	419	429	439	448	458	468	478	488
60000	498	508	517	527	537	547	557	567	576	586
61000	596	606	616	625	635	645	655	665	674	684
62000	694	704	713	723	733	743	752	762	772	782
63000	791	801	811	820	830	840	850	859	869	879
64000	888	898	908	917	927	937	946	956	965	975
65000	985	994	1004	1014	1023	1033	1042	1052	1062	1071
66000	1081	1090	1100	1109	1119	1129	1138	1148	1157	1167
67000	1176	1186	1195	1205	1214	1224	1233	1243	1252	1262
68000	1271	1281	1290	1300	1309	1319	1328	1338	1347	1357
69000	1366	1376	1385	1394	1404	1413	1423	1432	1441	1451
70000	1460	1470	1479	1488	1496	1507	1517	1526	1535	1545
71000	1554	1563	1573	1582	1591	1601	1610	1619	1629	1638
72000	1647	1657	1666	1675	1684	1694	1703	1712	1722	1731
73000	1740	1749	1759	1768	1777	1786	1795	1805	1814	1823
74000	1832	1842	1851	1860	1869	1878	1887	1897	1906	1915
75000	1924	1933	1943	1952	1961	1970	1979	1988	1997	2006
76000	2016	2025	2034	2043	2052	2061	2070	2079	2088	2097
77000	2107	2116	2125	2134	2143	2152	2161	2170	2179	2188
78000	2197	2206	2215	2224	2233	2242	2251	2260	2269	2278
79000	2287	2296	2305	2314	2323	2332	2341	2350	2358	2367
80000	2376	2385	2394	2403	2412	2421	2430	2439	2448	2456
81000	2465	2474	2483	2492	2501	2510	2518	2527	2536	2545
82000	2554	2563	2571	2580	2589	2598	2607	2615	2624	2633
83000	2642	2651	2659	2668	2677	2686	2694	2703	2712	2721
84000	2729	2738	2747	2755	2764	2773	2782	2790	2799	2808
85000	2816	2825	2834	2842	2851	2860	2868	2877	2886	2894
86000	2903	2912	2920	2929	2937	2946	2954	2963	2972	2980
87000	2989	2997	3006	3014	3023	3031	3040	3049	3057	3066
88000	3074	3083	3091	3100	3108	3117	3125	3134	3142	3151
89000	3159	3167	3176	3184	3193	3201	3210	3218	3226	3235
90000	3243	3252	3260	3268	3277	3285	3293	3302	3310	3319
91000	3327	3335	3344	3352	3360	3368	3377	3385	3393	3402
92000	3410	3418	3426	3435	3443	3451	3459	3468	3476	3484
93000	3492	3501	3509	3517	3525	3533	3541	3550	3558	3566
94000	3574	3582	3590	3599	3607	3615	3623	3631	3639	3647
95000	3655	3663	3671	3680	3688	3696	3704	3712	3720	3728
96000	3736	3744	3752	3760	3768	3776	3784	3792	3800	3808

NOTA- AJUSTES PARA OPERACION CON TEMPERATURAS DIFERENTES A LA ESTANDAR:  
 AUMENTAR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ARRIBA DE ISA  
 DISMINUIR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ABAJO DE ISA  
 AUMENTAR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ARRIBA DE ISA  
 DISMINUIR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ABAJO DE ISA

NOTA- EL PESO OPTIMO PARA EL NIVEL DE VUELO EXCEDE EL LIMITE ESTRUCTURAL.  
 LOS PESOS LIMITADOS POR EMPUJE HASTA ISA + 15 EXCEDEN EL LIMITE --  
 ESTRUCTURAL.

Tabla 5.5

JTED-17B

2-K27A

Jul 01/81

# BOEING 727 MANUAL DE OPERACION

ALCANCE EN CRUCERO  
ISA

TAS 503 NUDOS  
ISA = -36.5°C

PLAN DE VUELO  
CRUCERO A 84 MACH IND.  
3 MOTORES; 3 DESCARGAS  
LIMITE DE EMPUJE MAXIMO  
DE CRUCERO

NIVEL DE VUELO 260

PESO KG ↓	→ 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900									
	DISTANCIA DE VUELO EN CRUCERO M.N.									
55000	0	10	20	30	40	50	60	70	80	89
56000	99	109	119	129	139	149	159	169	179	189
57000	198	208	218	228	238	248	258	267	277	287
58000	297	307	317	327	336	346	356	366	376	385
59000	395	405	415	425	434	444	454	464	473	483
60000	493	503	512	522	532	542	551	561	571	581
61000	590	601	610	619	629	639	648	658	668	677
62000	687	697	706	716	726	735	745	755	764	774
63000	784	793	803	812	822	831	841	851	860	870
64000	879	889	899	908	918	927	937	946	956	965
65000	975	984	994	1003	1013	1022	1032	1041	1051	1060
66000	1070	1079	1089	1098	1108	1117	1127	1136	1145	1155
67000	1164	1174	1183	1193	1202	1211	1221	1230	1240	1249
68000	1258	1268	1277	1286	1296	1305	1315	1324	1333	1343
69000	1352	1361	1371	1380	1389	1399	1408	1417	1426	1436
70000	1445	1454	1464	1473	1482	1491	1501	1510	1519	1528
71000	1538	1547	1556	1565	1575	1584	1593	1602	1611	1621
72000	1630	1639	1648	1657	1667	1676	1685	1694	1703	1712
73000	1722	1731	1740	1749	1758	1767	1776	1785	1794	1804
74000	1813	1822	1831	1840	1849	1858	1867	1876	1885	1894
75000	1903	1912	1921	1930	1939	1949	1958	1967	1976	1985
76000	1994	2003	2012	2020	2029	2038	2047	2056	2065	2074
77000	2083	2092	2101	2110	2119	2128	2137	2146	2155	2164
78000	2172	2181	2190	2199	2208	2217	2226	2234	2243	2252
79000	2261	2270	2279	2287	2296	2305	2314	2323	2331	2340
80000	2349	2358	2367	2375	2384	2393	2402	2410	2419	2428
81000	2437	2445	2454	2463	2471	2480	2489	2498	2506	2515
82000	2524	2532	2541	2550	2558	2567	2576	2584	2593	2601
83000	2610	2619	2627	2636	2644	2653	2662	2670	2679	2687
84000	2696	2705	2713	2722	2730	2739	2747	2756	2764	2773
85000	2781	2790	2798	2807	2815	2824	2832	2841	2849	2858
86000	2866	2874	2883	2891	2900	2908	2917	2925	2933	2942
87000	2950	2959	2967	2975	2984	2992	3000	3009	3017	3025
88000	3034	3042	3050	3059	3067	3075	3083	3092	3100	3108
89000	3117	3125	3133	3141	3149	3158	3166	3174	3182	3191
90000	3199	3207	3215	3223	3231	3240	3248	3256	3264	3272
91000	3280	3288	3297	3305	3313	3321	3329	3337	3345	3353
92000	3361	3369	3377	3385	3393	3401	3409	3417	3425	3433
93000	3441	3449	3457	3465	3473	3481	3489	3497	3505	3513
94000	3521	3529	3537	3545	3553	3560	3568	3576	3584	3592
95000	3600	3608	3615	3623	3631	3639	3647	3654	3662	3670
96000	3678	3686	3693	3701	3709	3717	3724	3732	3740	3747

2-2-24-11086

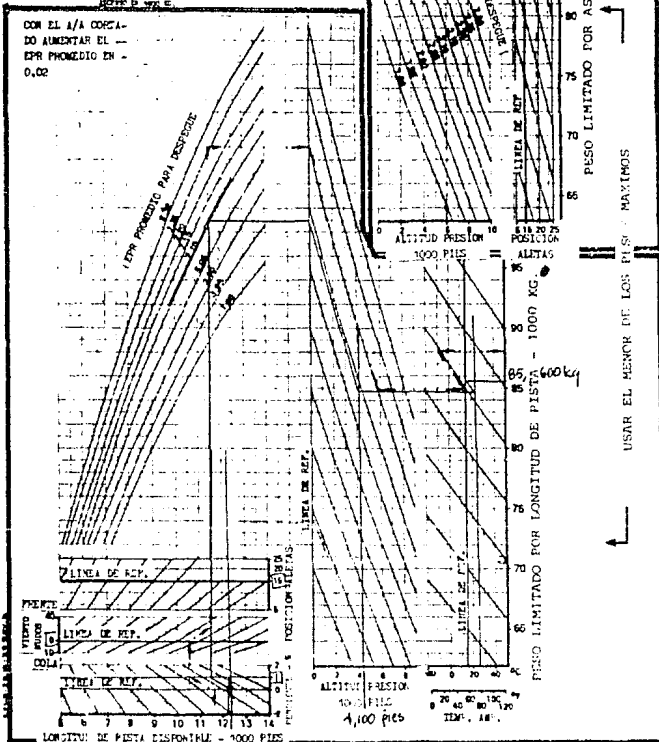
NOTA- AJUSTES PARA OPERACION CON TEMPERATURAS DIFERENTES A LA ESTANDAR:  
 AUMENTAR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ARRIBA DE ISA  
 DISMINUIR .9% AL COMBUSTIBLE REQUERIDO POR CADA 10°C ABAJO DE ISA  
 AUMENTAR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ARRIBA DE ISA  
 DISMINUIR 1 KT A LA TAS POR CADA °C ABAJO DE ISA

NOTA- EL PESO MAXIMO PARA EL NIVEL DE VUELO EXCEDE EL LIMITE ESTRUCTURAL.  
 LOS PESOS LIMITADOS POR EMPUJE HASTA ISA + 10 EXIGEN EL LIMITE ESTRUCTURAL.  
 EL PESO LIMITADO POR EMPUJE PARA ISA + 15 ES 89000 KG  
 (19500 LBS)

EPR PROMEDIO PARA DESPEGUE - A/A PUESTO											
ALT. PISTAS PIES	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1	10-1	11-1
1000	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06	2.06
1100	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
1200	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16
1300	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21
1400	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27	2.27
1500 Y ARriba	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31

- NOTAS DEL USUARIO:
1. CON AUMENTO DE ALTURA PISTAS
  2. CON AUMENTO DE ALTURA PISTAS
  3. CON AUMENTO DE ALTURA PISTAS
  4. CON AUMENTO DE ALTURA PISTAS
- RECOMENDACIONES:
1. CON AUMENTO DE ALTURA PISTAS
  2. CON AUMENTO DE ALTURA PISTAS
  3. CON AUMENTO DE ALTURA PISTAS
  4. CON AUMENTO DE ALTURA PISTAS

CONTEO AVION. A/A TROP.	LIMIT. ASCEN.	LIMIT. PISTA
1-1	-4750 KG	-400 KG
2-1	0	-1100 KG



JT8D-15  
Gráficas 5-1

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

PESO LIMITADO POR PISTA

BASEADO EN:

1. ANTIDERRAPANTE OPERATIVO
2. AIRE ACONDICIONADO FUERTE
3. CORTE AUTOMÁTICO DE A/A OPERATIVO
4. LUZ AVISO FALLA DE MOTOR OPERATIVA

NOTA:

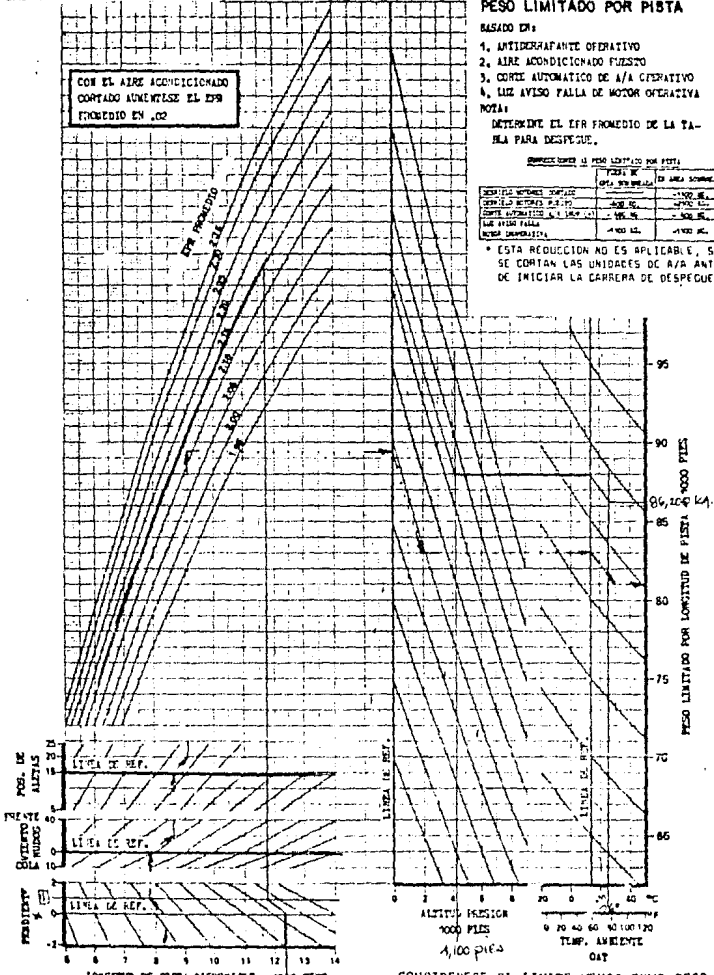
DETERMINE EL EFR PROMEDIO DE LA TABLA PARA DESPEGUE.

CON EL AIRE ACONDICIONADO  
CORTADO AUMENTESE EL EFR  
PROMEDIO EN .02

CONSIDERE SIEMPRE EL PESO LIMITADO POR PISTA

CONDICIÓN	VALOR	VALOR
DESPLAZAMIENTO	4000 LB.	1800 KG.
DESPLAZAMIENTO MÁXIMO	4000 LB.	1800 KG.
DESPLAZAMIENTO MÁXIMO CON A/A	4000 LB.	1800 KG.
DESPLAZAMIENTO MÁXIMO CON A/A Y LUZ	4000 LB.	1800 KG.

\* ESTA REDUCCION NO ES APLICABLE, SI SE CORTAN LAS UNIDADES DE A/A ANTES DE INICIAR LA CARRERA DE DESPEGUE



CONSIDERE EL LIMITE MENOR COMO PESO MAXIMO DE DESPEGUE

(HOJA CON FREITE EN BLANCO)

### 5.1.5) ANCHO DE PISTA

El ancho de pista, como la mayoría de las instalaciones de un aeropuerto, se encuentra establecida por la O.A.C.I. En este caso el Anexo 14 recomienda el ancho de pista como el que se encuentra en la tabla 5.13.

Número de Clave	Letra Clave				
	A	B	C	D	E
1	10m	10m	15m	-	-
2	20m	20m	30m	-	-
3	30m	30m	45m	45m	-
4	-	-	45m	45m	45m

Tabla 5.13

Las pendientes de las pistas serán el resultado de la diferencia entre la elevación máxima y la mínima a lo largo del eje de la pista, por la longitud de esta. Definiendo esta, podremos establecer las máximas pendientes para las distintas categorías de aeródromo, por cual éstas no deberán de exceder de:

- 1% Cuando el número clave sea 3 ó 4
- 2% Cuando el número clave sea 1 ó 2

Las pendientes transversales sirven principalmente para la rápida evacuación del agua en las pistas. Se marcan como pendientes transversales idóneas las siguientes:

- 1.5% Cuando la letra clave sea C, D ó E
- 2% Cuando la letra clave sea A ó B

En el caso de superficies convexas, las pendeintes deberán de ser simétricas en ambos lados del eje de la pista. Esta pendiente deberá de ser constante por todo lo largo de la pista, salvo en algunos casos como los de intersección entre otra pista o calle de rodaje.

#### 5.1.6) FRANJAS DE PISTA

Dentro de los elementos pertenecientes a cualquier pista, se encuentran las franjas de parada, que dependerán sus dimensiones de la clasificación del aeropuerto.

Las franjas de pista deberán de extenderse antes del umbral y más allá de extremo de la pista ó de la zona de parada por lo menos las siguientes medidas proporcionadas por las normas internacionales:

- \_ 60m Cuando el número de clave sea 2, 3 ó 4
- \_ 30m Cuando el número de clave sea 1

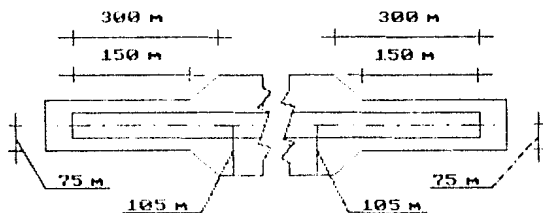
Siempre y cuando sea posible, toda franja que comprenda una pista para aproximaciones que no sean de precisión, deberá de extenderse lateralmente hasta una distancia recomendada por la O.A.C.I de:

- \_ 150m Cuando el número clave sea 3 ó 4
- \_ 75m Cuando el número de clave sea 1 ó 2

Las siguientes medidas se recomendarán para cada lado del eje de la pista y su prolongación de la franja.

Con excepción del equipo de navegación aérea se deberán de eliminar todos los objetos que puedan constituir un peligro para los aviones. En el caso de los objetos que son requeridos para fines de navegación aérea y deban estar emplazados dentro de la franja de pista, deberán de tener la menor altura y masa posible.

En el caso de ser posible, para los aeropuertos del número clave 3 y 4, se realizará una extensión de 105 m desde el eje de la pista, reduciendo ésta distancia paulatinamente a 75 m en ambos extremos de la franja y pista. El diseño de las franjas lo podremos observar en la figura 5.6.



Franjas de Pistas Clave 3 o 4

Figura 5.8



## 5.2) ZONA TERMINAL

En la zona terminal de un aeropuerto podremos distinguir un cuerpo principal de elementos, que se encuentran íntimamente relacionados. Estos elementos son los que forman el conjunto Plataforma-Edificio Terminal-Estacionamiento. Esta zona representa una gran complejidad, ya que se juntan operaciones que resultan ser críticas para el funcionamiento eficiente de un aeropuerto, siendo estas: operación de las aeronaves en plataforma, los servicios prestados a las aeronaves en plataforma, en lo que respecta a la plataforma.

El desarrollo del aérea terminal, deberá de ser flexible para poder atender la demanda de pasaje con los índices de nivel de servicios adecuados.

El estacionamiento, inevitablemente relacionado con el edificio terminal, el cual deberá de ser capaz de alojar a los diversos tipos de transporte.

### 5.2.1) PLATAFORMAS

Entenderemos por plataforma a la área destinada a dar cabida a las aeronaves, para fines de embarque ó desembarque de pasajeros, correo ó carga, reaprovisionamiento de combustible, estacionamiento ó mantenimiento. Dentro de todas estas maniobras que se pueden realizar en las plataformas podremos clasificarlas principalmente por el uso que se le destina.

\_ Plataforma Terminal: Es la zona designada para las maniobras y estacionamiento de las aeronaves, situada junto a las instalaciones de la terminal de pasajeros, con un acceso fácil. Desde la cual los pasajeros embarcan en la aeronave.

Siendo también que en éste tipo de plataformas en donde la nave se aprovisiona de combustible y tiene cierto mantenimiento menor, así como también se le da el uso para embarque y desembarque de carga y equipaje. A cada uno de estos lugares de estacionamiento se les denomina puestos de estacionamiento de aeronaves.

\_ Plataforma de Carga: Este tipo de plataformas son usadas únicamente por aeronaves que transportan carga y correo aéreo, ya que si el volumen de carga lo requiere se puede establecer esta plataforma junto al edificio de terminal de carga.

\_ Plataforma de Estacionamiento: En los aeropuertos puede necesitarse una plataforma de estacionamiento por separado, donde las aeronaves pueden permanecer estacionadas durante largos períodos de tiempo.

\_ Plataforma de Servicio y de Hangares: una plataforma de servicio es una área descubierta, adyacente a un hangar de reparaciones, en el cual se pueden realizar el mantenimiento de las aeronaves, mientras que una plataforma de hangar es aquella desde la cual sale o entra un avión al hangar.

\_ Plataforma para Aviación General: Las aeronaves de la aviación general utilizadas para vuelos de negocios ó de carácter personal.

Dentro de las diferentes modalidades de plataformas encontraremos que existen las plataformas en donde la aviación general tiene su base, ya sea un espacio para estacionamiento ó amarre de un hangar, en donde se le brindará mantenimiento general a los aviones.

El diseño de una plataforma deberá de tener en cuenta los procedimientos de seguridad relativos a las aeronaves que realizan maniobras en la plataforma. Esta seguridad implica el mantener a las aeronaves a distancias de separación específicas y tener un procedimiento establecido para entrar, desplazarse dentro del área de plataforma y su salida de ésta. Es también necesario incluir en éstos procedimientos de seguridad a todos los tipos de vehículos que intervienen en el servicio de plataforma a un avión, teniendo en especial consideración al aprovechamiento de combustible. Los pavimentos deberán de tener un declive, desde los edificios de la terminal y de otras estructuras, para impedir la propagación de incendios, provocados en los vertidos de combustibles en plataforma. Se deberá de tener en consideración que la zona de plataformas se encuentre separada y protruida, para evitar el acceso de personal no autorizado a ella.

El grado de eficiencia de una plataforma brinda en gran parte la eficiencia del aeropuerto, ya que en algunos casos las maniobras realizadas en plataforma son numerosas, con lo que un adecuado diseño de plataforma nos reducirá el número de maniobras, con la consecuencia del ahorro de tiempo.

Conforme se incremente el número de operaciones del aeropuerto, se tendrán que incrementar el número de instalaciones en plataforma, ya que los aviones de mayor capacidad requieren de un mayor número de servicios, y de mayor eficiencia de éstos.

Un punto importante en la planeación de una plataforma deberá de ser la superficie total que se requiere para cada puesto de estacionamiento, ésta dependerá del tamaño de las aeronaves, márgenes de separación y del modo de estacionamiento.

Siendo necesario que en la mayoría de los casos, se deberá de tener en cuenta la disposición de las calles acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves, otras calles de rodaje, barreras protectoras de chorro de gases provocado por los motores, zonas utilizadas para el estacionamiento de vehículos de servicio y caminos para el desplazamiento de estos vehículos.

Las plataformas deben de ser elementos de gran flexibilidad, ya que deberán de estar diseñadas para la atención de diferentes aeronaves tanto en número como de tamaño. Esto se lograra dimensionando la plataforma para el avión de mayor tamaño. Esta se deberá de proyectar para su ampliación en etapas modulares, de modo que las etapas sucesivas se puedan realizar sin provocar la interrupción de las actividades que se estén llevando a cabo.

El pavimento en la plataforma dependerá de las maniobras de los aviones, de la distribución de cargas, de la resistencia del suelo y del costo entre los posibles materiales para la fabricación de ésta. El pavimento rígido suele ser el más utilizado en los aeropuertos de mayor tráfico. La construcción de plataformas de pavimento rígido requiere una inversión inicial mucho mayor que la construcción del pavimento flexible. Teniendo en cuenta que el pavimento rígido suele ser de menor costo en su mantenimiento y de mayor duración.

En las plataformas los efectos provocados por el derrame de combustible por los reactores, suelen ser mucho más dañinos en los pavimentos flexibles, ya que éstos son de productos petreos.

Las pendientes en las plataformas deberán de tener un declive lo suficiente para impedir la acumulación de agua en la superficie de la plataforma. Este declive no podrá ser muy grande, debido que se tendrán problemas para las maniobras de los aviones y vehículos que se desplazan en la plataforma.

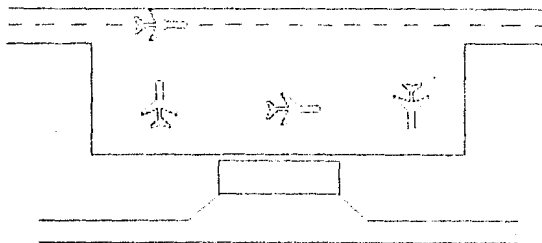
Para el aprovechamiento del combustible de las aeronaves, se exige casi una superficie horizontal para conseguir el apropiado equilibrio de la masa de combustible en los diferentes depósitos de las aeronaves.

Con el motivo de poder acomodarse a todas estas exigencias relativas al drenaje, maniobrabilidad, y aprovechamiento de combustible, se recomienda que las plataformas no deban tener menos de 0.5% y no sea mayores de 1% en el puesto de estacionamiento de las aeronaves, y no más del 1.5% en las demás zonas de plataforma.

#### 5.2.1.1) PLATAFORMAS TERMINALES.

Existen varios tipos de plataformas dependiendo del tipo de terminal que requiera un aeropuerto, teniendo como principal factor el número de pasajeros que se encuentren en el edificio terminal. Estos tipos de plataformas dependerán del número de aviones a estacionar.

\_ Concepto Simple: Este concepto se aplica en los aeropuertos de bajo tráfico. En donde las aeronaves por lo general se estacionan de distintas maneras, normalmente lo hacen en ángulo de proa hacia dentro o hacia fuera, entrando y saliendo por sus propios medios, como se puede ilustrar en la figura 5.9.

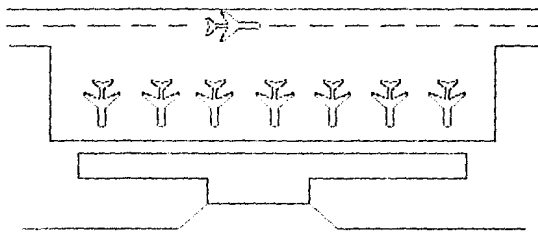


Concepto Simple

Figura 5.9

**Concepto Lineal:** A este concepto de plataforma, las aeronaves se estacionan de manera paralela o angular, dependiendo del mecanismo a utilizar para el estacionamiento de aeronaves (ya sea por remolque o autónoma) brindando el nivel de operaciones deseado. El concepto se desarrolla de manera simultánea con el crecimiento de la demanda, ya que se podrán ir desarrollando calles de rodajes dobles para evitar un bloqueo a las operaciones de entrada y salida.

En este concepto se deberá de tener muy en cuenta el tamaño de las aeronaves que harán uso de los lugares de estacionamiento evitando la obstrucción de la circulación de los demás aviones en la plataforma. En la figura 5.10 se muestra la disposición de este concepto.



**Concepto Lineal**  
**Figura 5.10**

Existen otros conceptos de arreglos en plataformas que pueden ser utilizados en diferentes tipos de aeropuertos, los cuales se estarán atendidos al volumen de pasajeros y al número de operaciones del aeropuerto. Entre estos conceptos antes mencionados existe el sistema de muelle, el sistema satélite, el sistema de plataforma abierta.

### 5.2.1.2) DIMENSIONAMIENTO DE PLATAFORMAS.

Para determinar el espacio necesario a utilizar por las aeronaves en plataforma, será necesario el tomar en cuenta varios factores, entre los cuales podremos mencionar:

- \_ La dimensión y las características de la maniobrabilidad de la aeronave que se utilice en plataforma.

- \_ El volumen de tránsito en la plataforma.

- \_ Los márgenes de separación.

- \_ Las modalidades de entrada y salida de plataforma en el estacionamiento de los aviones.

- \_ Requisitos de espacio en los servicios que se brinden en tierra y sus movimientos.

Es necesario para el dimensionamiento de plataformas el conocer el tamaño y maniobrabilidad de la combinación de aeronaves que se prevé habrán de utilizar una determinada plataforma. Esta dimensión necesaria para evaluar el espacio del puesto de estacionamiento de aeronaves, dependerá de su longitud y de su envergadura, como punto de partida para un primera estimación. Se tendrá que tomar en cuenta las características de maniobrabilidad de la aeronave en la tierra, siendo las principales el del radio de viraje. Este movimiento se encuentra relacionado con la posición del centro de viraje, como se puede ver en la figura 5.11.

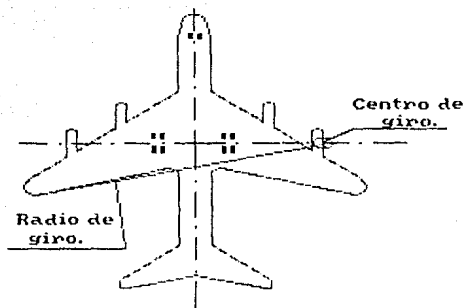


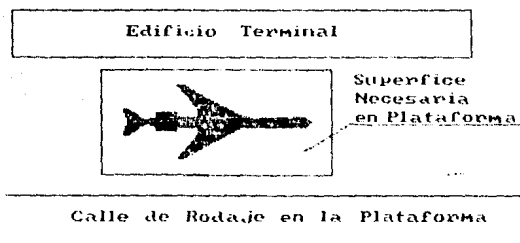
Figura 5.11

Este centro de viraje es el punto en torno al cual gira la aeronave la hacer su viraje. Este punto se encuentra situado a lo largo del eje del tren de aterrizaje principal a una distancia variable del eje del fuselaje, según sea su ángulo de deflexión de la rueda de proa en la que se lleve a cabo el viraje.

Para el estacionamiento de las aeronaves son varios los métodos utilizados para entrar y salir de el puesto utilizado, ya sea que utilicen su propia propulsión o pueden ser remolcadas.

En el caso de que las aeronaves utilicen su propia propulsión para entrar y salir, se requerirá que las aeronaves se estacionen en ángulo con respecto a la terminal. La dimensión absoluto de esta zona depende del ángulo máximo de deflexión que pueda alcanzarse durante las maniobras de entrada y salida. Este método requiere de mayor superficie de pavimento que el modo con tractor. En la figura 5.12, se ilustra la superficie necesaria para el estacionamiento de un avión con al maniobra autónoma.

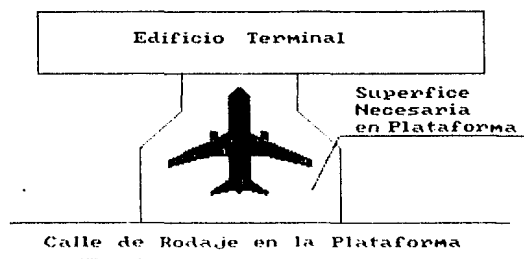




### Maniobra Autónoma

Figura 5.12

La maniobra *contractor* se refiere a cualquier método de entrada y salida que requiere el uso de un tractor o barra de arrastre. Este método puede variar conforme a la configuración de la terminal en el aeropuerto, ya que podemos encontrar que la maniobra de entrada sea autónoma y la de salida sea *contractor* o al contrario. El empleo de tractores permite un espacio más compacto de los puestos de las aeronaves, con la ventaja de poder atender a un mayor número de aviones en plataforma. Este método en la mayoría de sus maniobras requiere un operador hábil, tomando también un mayor tiempo de salida y entrada a los puestos de plataforma, ya que la maniobra de enganche y arrastre toma una media de tiempo de 3 ó 4 minutos. Se requiere en especial habilidad en la maniobra de salida del puesto de estacionamiento, ya que a la vez que se encuentra empujando el avión se hace necesario el girarlo 90 grados para su salida por la calle de la plataforma. En la figura 5.13 se muestra el espacio necesario para poder estacionar una aeronave en esta modalidad.



### Maniobra Utilizando Tractor

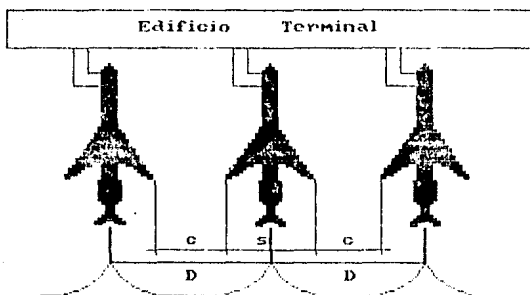
Figura 5.13

Cada puesto de estacionamiento de aeronave debe de tener los siguientes márgenes de separación como mínimo entre las aeronaves y edificios adyacentes u otros objetos fijos, así también con respecto a las demás naves. Estos márgenes de separación se cuentan en la tabla 5.14, siendo estos los valores recomendados por O.A.C.I.

LETRA DE CLAVE	MARGENES (m)
A	3.0
B	2.0
C	4.5
D	7.5
E	7.5

Tabla 5.14

Para conocer el espacio requerido entre los puestos de estacionamiento de las aeronaves, será necesario conocer la envergadura del avión mas grande a utilizar en el puesto. El caso más sencillo para este cálculo será el de la aeronave que llega a estacionarse perpendicularmente al edificio terminal y sale empujada hacia atrás, como se muestra en la figura 5.14.



**Metodo de Entrada, Rodando, Salida por Empuje**

En esta figura se muestra la separación mínima de puestos (D), que es simplemente igual a la envergadura (S), más la separación requerida (C).

En los casos de estacionamiento en ángulo de proa, la configuración es un poco más complicada, ya que dependerá del ángulo de estacionamiento de las aeronaves, siendo necesario el dejar espacio suficiente para que las aeronaves puedan salir fácilmente, mientras que las otras naves se encuentran en los puestos contiguos. Esta situación la podremos observar en la figura 5.13, en donde la distancia (D) es la separación mínima de los puestos y la distancia de separación de la terminal la denominaremos con la letra (C).

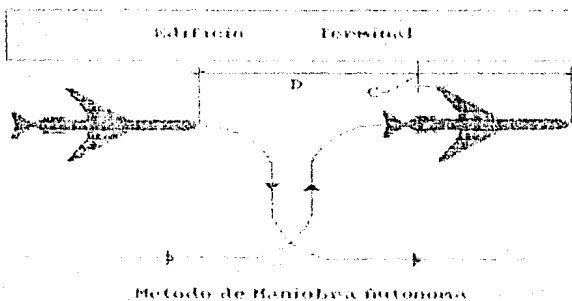


Figura 5.17

### 5.2.1.3. ANALISIS DE LA PLATAFORMA DEL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE EBERNAVACA.

En el caso del aeropuerto Mariano Matamoros, tendremos una plataforma de concepto simple o abierta, ya que los aviones se podrán estacionar de diferentes formas, como se muestra en la fotografía 5.1.



Plataforma de concepto simple

Fotografía 5.1

De manera general en esta plataforma, los aviones se accionan tanto en ángulo perpendicular al edificio terminal; de a hacia adentro en ángulo, de proa hacia afuera, en ángulo o manera paralela al edificio terminal.

La superficie de la plataforma comercial es de 9,900 m<sup>2</sup>, con las dimensiones de 110 m x 90 m. La plataforma destinada al uso de la aviación general tiene una superficie de 1,700 m<sup>2</sup>.

Como principal consideración para el óptimo funcionamiento de esta plataforma, será la capacidad de posiciones simultáneas. Por los volúmenes de tráfico a recibir, se considera que dos posiciones simultáneas serán suficientes para esta primera etapa de desarrollo.

Se tendrá en cuenta que todas las maniobras, tanto de entrada como de salida a la plataforma, deberán ser autónomas, decir que las aeronaves utilizarán sus propios medios de uso.

Como principal característica que se deberá tener presente es el radio de giro del avión más grande que se espera use la plataforma. En este caso será el avión Fokker 27 que es el que cuenta con las mayores dimensiones de radio de giro, siendo estas a un viraje de 180 grados, de 15.75 m. Teniendo en cuenta las dimensiones mínimas de márgenes en plataformas para esta categoría de aeropuerto, y las dimensiones generales del avión, se calculará el espacio necesario para el movimiento de la aeronave dentro de la plataforma. Estas dimensiones muestran a continuación:

Envergadura : 29 m

Longitud : 26 m

Radio de giro: 15.75 m

Márgenes mínimos para un aeropuerto de clase C: 4.5 m

Realizando un análisis numérico con las características de este avión tendremos:

\_ La separación mínima entre el extremo de la aeronave y el borde de la plataforma deberá ser de 4.5 m. Tomando en cuenta la envergadura del avión y el radio de giro, podremos calcular el espacio requerido para la salida del puesto de estacionamiento en plataforma. Este espacio será la suma de estas tres distancias:

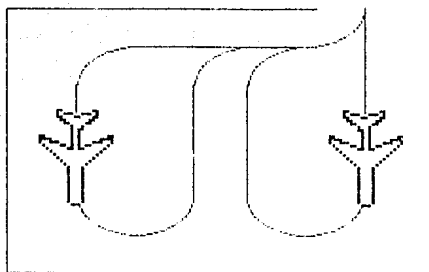
$$4.5 \text{ m} + 29 \text{ m} + 15.75 \text{ m} = 49.25 \text{ m}$$

\_ Debemos de tener en cuenta que la situación más crítica será cuando se encuentre otro avión estacionado en la plataforma. Suponiendo que esta aeronave es también un Fokker 27, el espacio ocupado por ésta será: la suma del margen de seguridad más la envergadura. Es decir una distancia de 33.5 m.

\_ Una vez conocidas estas distancias sabremos que necesitaremos un espacio de  $49.25 \text{ m} + 33.5 \text{ m} = 82.75 \text{ m}$ . Agregando el margen de separación mínima al efectuar la maniobra que será de 4.5 m, obtendremos un espacio de  $82.75 \text{ m} + 4.5 \text{ m} = 87.25 \text{ m}$ . En vista de que contamos con un espacio de 90 m de longitud, la plataforma sí tiene la capacidad para albergar dos aeronaves de este tipo.

Para poder tener una idea más clara de estas maniobras en la plataforma, se puede observar en la figura 9.15.

A continuación revisaremos la plataforma para el uso de otros aviones que se espera que operen en el aeropuerto. En este caso, utilizaremos aviones turboreactores, como el DC-9-15 y el 727-200. Para este análisis, en principio se tendrán que revisar los radios de giro de cada uno de estos aviones.



**Maniobras de Entrada y Salida de Plataforma**

Figura 5.15

Las dimensiones generales de estas aeronaves las podemos observar en las figuras 5.16 y 5.17, y los radios de giro se pueden apreciar en las figuras 5.18 y 5.19.

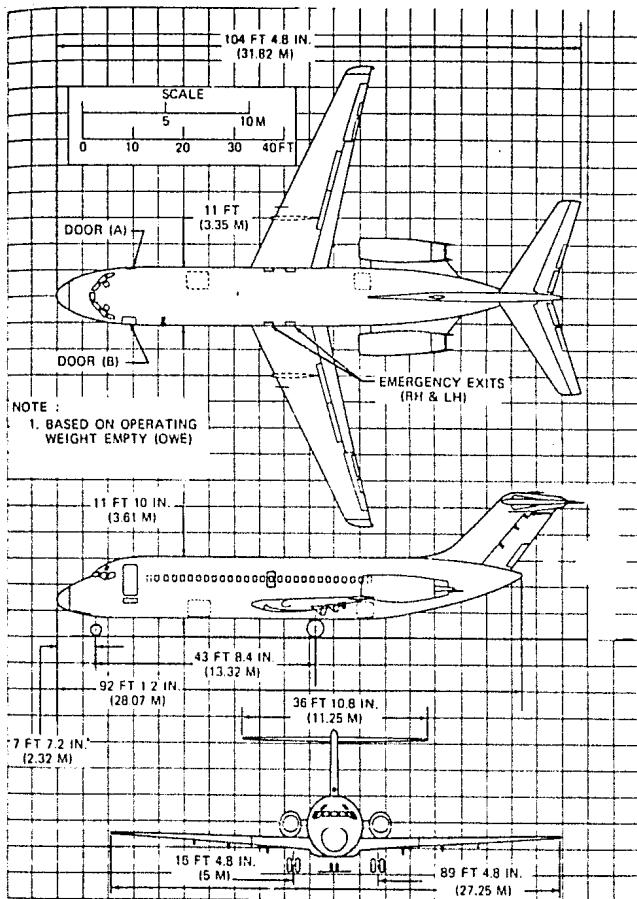
Utilizando la mayor deflexión del tren de nariz, lo que nos provocará el menor radio de giro, siendo en este caso para el DC-9 serie 41 de 20.9 m. y en el 727 serie 200, sera de 24.4 m.

Con estos radios podemos hacer el cálculo del espacio necesario para el movimiento de las aeronaves en la plataforma. Esto lo realizaremos de manera similar al anterior.

\_ El primer estudio lo realizaremos con el DC-9 versión 15. Conocidas ya sus dimensiones y radios de giro, podremos obtener su espacio necesario al tener dos aviones de este modelo en plataforma. Este espacio será dado por:

Margen mínimo de plataforma.....	4.50 m
Envergadura del DC-9-15.....	27.25 m
Radio máximo de giro.....	18.20 m

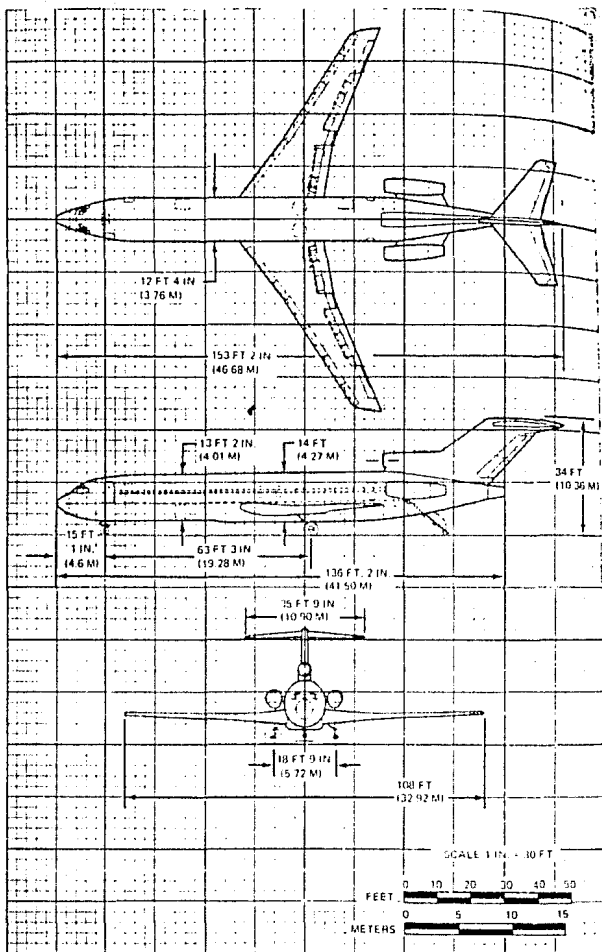
-----  
Σ 49.95 m



## GENERAL DIMENSIONS MODEL DC-9-15

Dimensiones Generales DC-9-15  
Figura 5.16

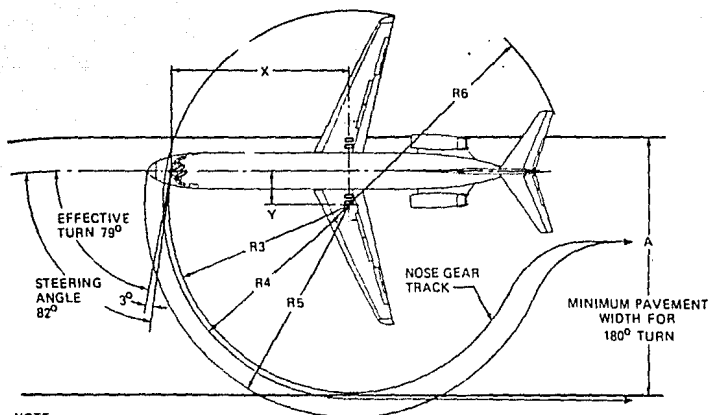




## GENERAL DIMENSIONS MODEL 727-200

Dimensiones Generales 727-200

Figura 5.17



NOTE:

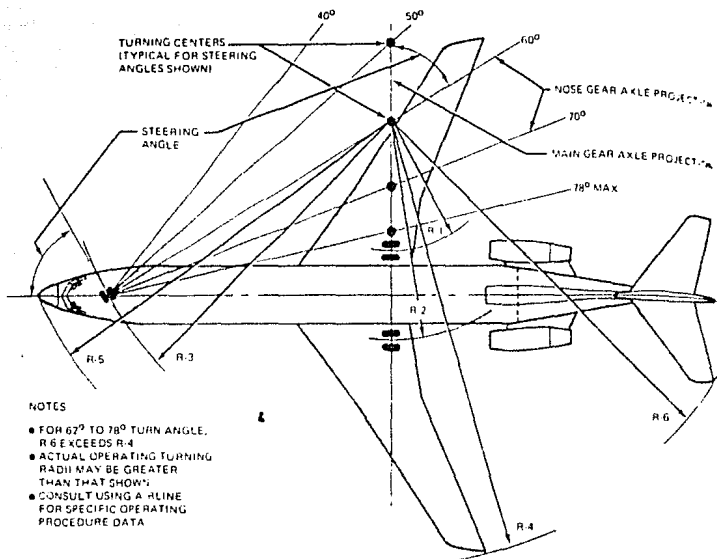
- 3° TIRE SLIP ANGLE ASSUMES 82° NOSE WHEEL DEFLECTION DURING VERY SLOW TURNING
- CONSULT AIRLINE FOR ACTUAL OPERATING DATA

DC-8	EFFECTIVE TURN ANGLE	X		Y		A		R3		R4		R5		R6	
		FT	M	FT	M	FT	M	FT	M	FT	M	FT	M	FT	M
-15	79°	43.7	13.3	8.5	2.6	63.7	19.4	45.4	13.8	54.5	16.6	51.9	15.8	59.6	18.2
-21	79°	43.7	13.3	8.5	2.6	63.7	19.4	45.4	13.8	56.5	17.2	51.9	15.8	59.5	18.1
-32	79°	53.2	16.2	10.3	3.1	75.2	22.9	55.1	16.8	58.3	17.8	61.6	18.8	66.2	19.9
-41	79°	56.2	17.1	10.9	3.3	78.9	24.1	58.2	17.7	58.9	18.0	64.7	19.7	68.5	20.9

## MINIMUM TURNING RADII MODEL DC-9 SERIES

Radio de Giro DC-9-15

Figura 5.18



NOTES

- FOR 62° TO 78° TURN ANGLE, R 6 EXCEEDS R 4
- ACTUAL OPERATING TURNING RADII MAY BE GREATER THAN THAT SHOWN
- CONSULT USING A-PLINE FOR SPECIFIC OPERATING PROCEDURE DATA

DIMENSIONS ROUNDED TO NEAREST FOOT AND 0.1 METER

STEERING ANGLE (DEG)	R 1		R 2		R 3		R 4		R 5		R 6	
	INNER GEAR		OUTER GEAR		NOSE GEAR		WING TIP		NOSE		TAIL	
	FT	M	FT	M	FT	M	FT	M	FT	M	FT	M
30	100	30.5	119	36.3	126	38.4	165	50.3	135	41.1	147	44.8
35	81	24.7	100	30.5	114	34.7	146	44.5	120	36.6	131	39.9
40	66	20.1	85	25.9	99	30.2	131	39.9	109	33.2	119	36.3
45	54	16.5	71	22.3	90	27.4	119	36.3	101	30.8	110	33.5
50	44	13.4	63	19.2	83	25.3	103	33.2	95	29.0	103	31.4
55	35	10.7	54	16.5	77	23.5	100	30.5	90	27.4	97	29.6
60	27	8.2	46	14.0	73	22.3	93	28.3	86	26.2	92	28.0
65	20	6.1	39	11.9	70	21.3	86	26.2	84	25.6	88	26.8
70	14	4.3	33	10.1	67	20.4	80	24.4	81	24.7	85	25.9
75	8	2.4	27	8.2	66	20.1	74	22.6	80	24.4	82	25.0
78 MAX	4	1.2	23	7.0	65	19.8	71	21.6	79.5	24.2	80	24.4

MINIMUM TURNING RADII  
MODEL 727-200

Radio de Giro 727-200

Figura 5.19

\_ Suponiendo que se encuentre estacionado otro avión de este mismo modelo, el espacio ocupado por él será: 4.5 m de margen mas 27.25 m de envergadura = 31.75 m.

\_ El total de la distancia ocupada por las dos aeronaves será: 49.95 m + 31.75 m = 81.70 m. Teniendo en cuenta que la distancia disponible es de 90 m, restarán 8.3 m de margen de seguridad. Por lo tanto sí es posible el tener dos DC-9-15 en posiciones simultáneas dentro de esta plataforma.

\_ El segundo estudio lo realizaremos entre un avión 727 versión 200 y un avión DC-9 versión 15; ya que es muy poco probable el uso de la plataforma por dos 727 dentro de este periodo.

\_ Consideramos que el caso más crítico será cuando el 727 este maniobrando para salir de la plataforma y el DC-9 se encuentre estacionado en la otra posición. Por lo que revisando de manera similar que en los casos anteriores tendremos:

Márgenes mínimos de plataforma .....	4.50 m
Envergadura del 727 .....	32.92 m
Radio máximo de giro .....	24.44 m

-----  
Σ 61.86 m

\_ Teniendo estacionado al el DC-9 estacionado en la otra posición, ocupará un espacio de: 4.2 m de margen + 27.25 m de envergadura = 31.45 m.

\_ Por lo que la distancia total a ocupar por los dos aviones será de: 61.86 m + 31.45 m = 93.31. Comparando esta distancia con la disponible, tendremos que en la plataforma no tiene la capacidad para esta maniobra.

Realizando el cálculo de manera inversa, o sea que las maniobras de salida sean efectuadas por el DC-9, requeriremos una distancia de 87.37 m, con lo que tendremos un margen de seguridad de 2.63 m, el cual no es válido para esta categoría de aeropuerto.

## 5. 2. 2) EDIFICIO TERMINAL.

La función principal de esta estructura es el intercambio de modalidades de transporte. Teniendo esta estructura todas las actividades relacionadas con el traslado, de pasajeros y sus equipajes, desde el sitio transbordo del transporte terrestre hasta el punto de embarque a la aeronave. Así como el traslado, entre vuelos, de pasajeros y sus equipajes que se encuentren en tránsito.

Los pasajeros se pueden dividir en dos categorías principales: los viajeros de negocios y los viajeros por turismo, por motivos personales o motivos religiosos. Otra clasificación que podemos realizar es la de:

- \_ viajeros internacionales
- \_ viajeros interiores.

Para el funcionamiento del aeropuerto podremos definir también a los pasajeros, no importando su destino, en : pasajeros de salida, pasajeros de llegada, pasajeros en tránsito, pasajeros que se encuentren en la aviación general, y taxis aéreos.

Dentro de los principales factores que se deben considerar para el análisis de un edificio terminal están :

- \_ El correcto movimiento y señalamiento de las circulaciones dentro del edificio terminal.
- \_ Brindar el espacio necesario para cada pasajero en las horas críticas del aeropuerto.

Este espacio será el necesario para que el pasajero no sufra incomodidad durante la espera para el abordaje de la aeronave. Este espacio dependerá del tipo de aeropuerto que se encuentre analizando, ya que podremos contar con aeropuertos nacionales, internacionales y fronterizos.

Para el análisis del edificio terminal del aeropuerto de Cuernavaca deberemos de tener en cuenta el espacio mínimo requerido por pasajero, el cual es para un aeropuerto nacional, de  $8 \text{ m}^2$  por pasajero.

El área total del edificio terminal se determinará multiplicando el indicador de  $\text{m}^2$  por pasajero por el número de pasajeros pronosticados en la hora crítica. Tomando los pronósticos del capítulo 3, que son de 57 pasajeros en 1990, resulta que la superficie necesaria para cubrir la demanda será :

$$57 \text{ pasajeros} \times 8 \text{ m}^2 \text{ por pasajero} = 456 \text{ m}^2$$

Otros factores que intervendrán en el diseño de la zona terminal son las salas de última espera, las cuales están ligadas a la capacidad del avión. Aceptándose que no todos los aviones van llenos a su máxima capacidad, y tomándose como promedio el 80% de la capacidad del avión, se considerará que un 40 ó 50% de los pasajeros puede estar sentados, de esta manera se puede diseñar la Sala de Última Espera.

La existencia en todos los casos de filtros, que pueden ser de seguridad, migración, aduana, sanitaria, etc..

Se tendrá que tener en cuenta, así el número de compañías operadoras en el aeropuerto, para conocer el número y tipo de mostradores. Estos podrán ser de tipo exclusivo o compartidos. Armandos de esta manera la zona de mostradores, estos podrán ser paralelos, o transversales a la fachada del edificio.

Para el proceso de despacho, es necesario el tener una oficina de apoyo, o de despacho, que generalmente se encuentra en la parte posterior del mostrador. Es también importante el requerir de una zona de manejo de equipaje. Este manejo podrá ser manual, o por medio de bandas.

Sera necesario tambien la creacion de vestibulos para la distribucion de pasajeros hacia los diferentes servicios que el aeropuerto brinda. Todo esto sera regulado segun el numero de pasajeros y personas visitantes al aeropuerto.

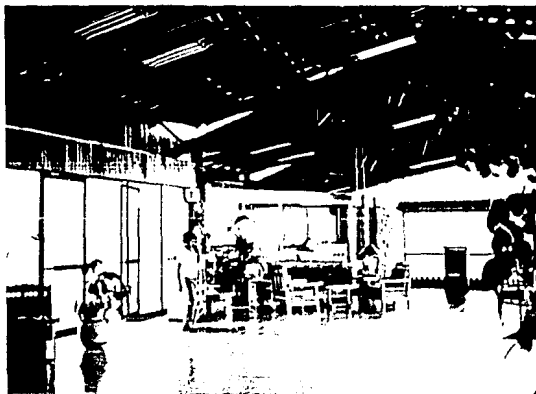
En caso de existir vuelos internacionales, se tendra que contar con salas especiales y filtros necesarios, asi como con mayor capacidad para el manejo de equipaje.

El edificio terminal del Aeropuerto Mariano Estaneros se muestra a continuacion en las fotografias 5.2 y 5.3.



Facahada Principal de la Terminal  
Fotografia 5.2





Parte Interior de la Terminal  
fotografía 5.7

#### 5.2.3) AREA DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

Para estudiar esta area es necesario conocer la capacidad de almacenamiento. Ello implica conocer el tipo de avion critico que va a operar en el aeropuerto, y una vez definido este, conocer la clase de aeropuerto a diseñar.

Es conveniente indicar las diferentes clases de aeropuertos, a considerar:

\_ Clase 1. Incluye la aviacion ligera cuyo avion critico es el monomotor y eventualmente un bimotor pequeno.

\_ Clase 2. En esta clase se contempla la aviación general y por lo tanto la aviación de negocios, siendo el avión crítico el pequeño bimotor del tipo Learjet.

\_ Clase 3. Aquí se incluye la aviación comercial pero líneas regulares de poco tránsito. El avión crítico es el Beechcraft 99 o el Corvette.

\_ Clase 4. Se permite el tránsito comercial pero de líneas regulares cuyo tránsito justifica la utilización de aviones del tipo Fokker 27 o del tipo HS 748.

\_ Clase 5. La función principal del aeropuerto es recibir el tránsito comercial de líneas interiores regulares como aviones del tipo DC-9 y B-737, o similares.

\_ Clase 6. El avión crítico es el 727, o el A-300.

\_ Clase 7. Se contempla el tránsito internacional, es decir para atender líneas de larga distancia cuyo avión crítico es el B-747, DC-10, o similar.

La capacidad de depósito puede ser determinada, en principio, multiplicando el consumo diario por la duración del almacenamiento.

El consumo está en función de la intensidad del tránsito del aeropuerto y de su repetición según las diferentes categorías de aviones. A nivel de factibilidad, existen capacidades de almacenamiento en función de la clase de aeropuerto, las cuales indican a continuación en la tabla 5.15.

CLASE DE AEROSUAVES	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
1	Hasta 50 m <sup>2</sup>
2	50 a 100 m <sup>2</sup>
3	100 a 150 m <sup>2</sup>
4	150 a 500 m <sup>2</sup>
5	500 a 1000 m <sup>2</sup>
6	1000 a 2000 m <sup>2</sup>
7	Más de 2000 m <sup>2</sup>

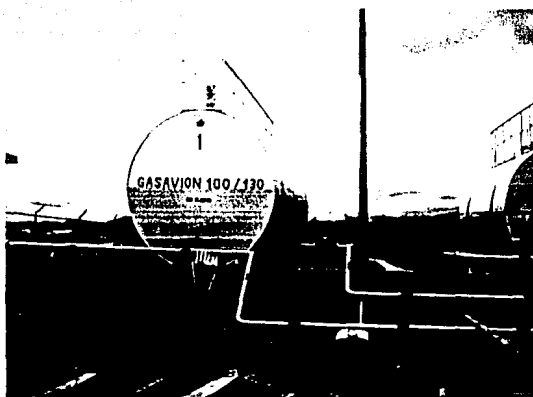
Tabla 5.15

Una vez conocida la capacidad, el área de almacenamiento de combustible estará en función del tipo de depósito a utilizar.

La zona de combustibles en el Aeropuerto de la Ciudad de Cuernavaca tiene una superficie de 1935 m<sup>2</sup>. Dentro de esta zona de combustibles se cuenta con 4 depósitos, de los cuales uno contiene gasavión con una capacidad de 59,227.80 lts. Los dos siguientes depósitos, contienen turbosina con una capacidad de 40,849.47 lts cada uno. El último depósito, contiene agua con un capacidad de 40,000 lts. Estos depósitos se podrán apreciar en las fotografías 5.4, 5.5, 5.6.

Según la clasificación anterior el Aeropuerto Mariano Matamoros se encuentra dentro de la clase 4, ya que cuenta con la operación de aeronaves el tipo Fokker 27, o similares, y su capacidad total de almacenamiento es de 140,926.74 lts ( 140,926 m<sup>2</sup> ). Con lo que se encuentra dentro de las especificaciones recomendadas.

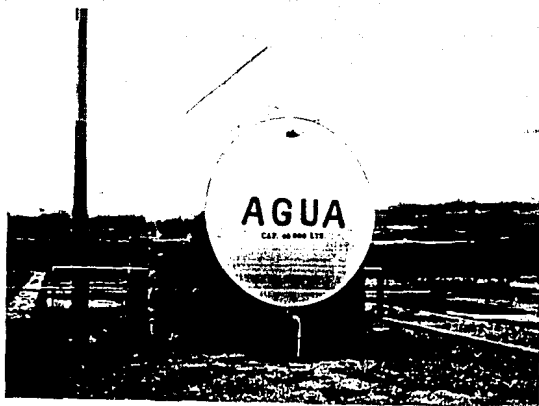
Para el manejo de los combustibles se cuenta con la instalación adecuada, ya que existen filtros del combustible y plataformas para el llenado de los vehículos de aprovisionamiento de combustible. Estas instalaciones las podemos apreciar en las fotografías 5.7 y 5.3 de las páginas siguientes.



Tanque de Almacenamiento de Gasavion 100/130.  
Fotografía 5.4

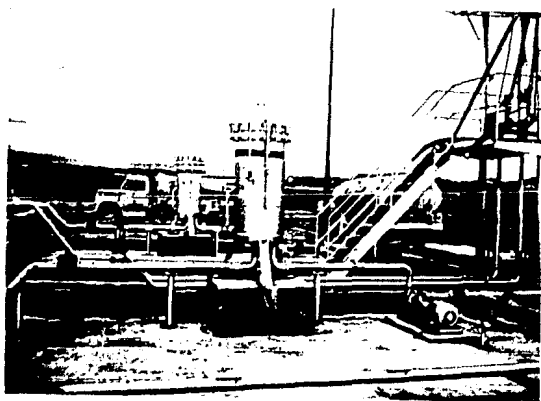


Tanque de Almacenamiento de Turbosina.  
Fotografía 5.5



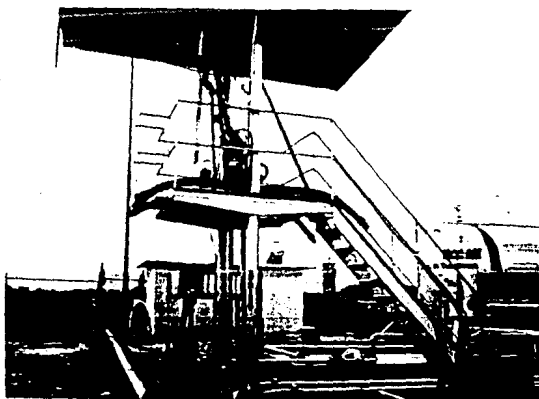
Tanque de Almacenamiento de Agua.

Fotografía 5.6



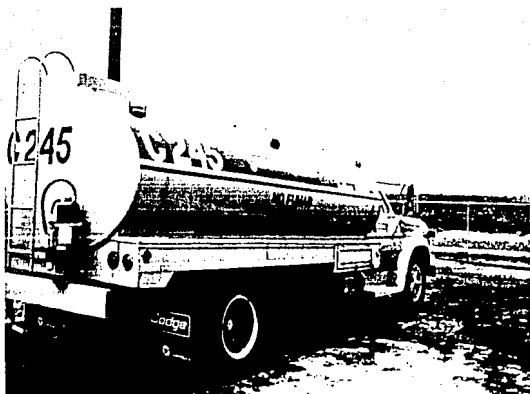
Equipo de Filtrado de Combustible.

Fotografía 5.7

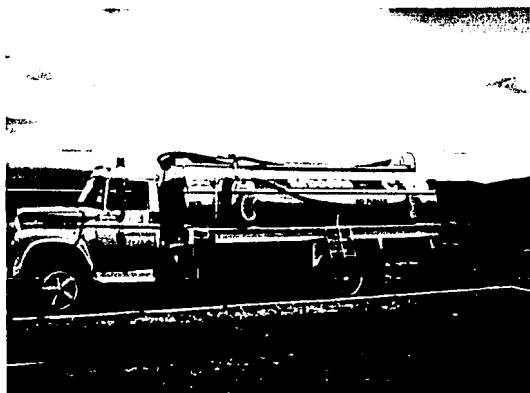


Instalación para la Alimentación de Vehículos Cisternas  
Fotografía 5.2

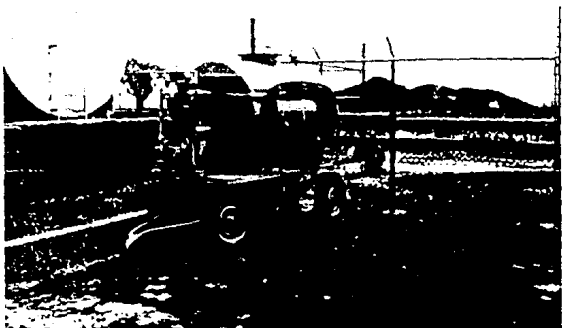
Para el suministro de combustible a las aeronaves se cuenta con 2 vehículos cisternas, y un pequeño depósito-remolque. Uno de los camiones está destinado al transporte del gasavión; el otro, para el de turbosina. El remolque se utilizará en el aprovisionamiento de pequeñas cantidades de combustible a aeronaves. Estos vehículos se podrán observar en las fotografías 5.9, 5.10 y 5.11.



Vehículo para el Transporte de Gasavion  
Fotografía 5.9



Vehículo para el Transporte de Turbosina  
Fotografía 5.10



Deposito-Remolque para Gasavion

Fotografia 5.11

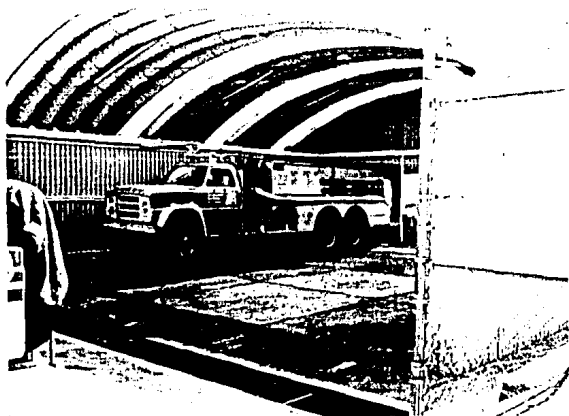
#### 5.2.4) CUERPO DE RESCATE Y EXTINCION DE INCENDIOS.

En la operacion de cualquier aeropuerto, se debera de tener presente, ante todo la seguridad que se le brinde a los pasajeros y tripulantes de las aeronaves. En Mexico parte de este sistema de seguridad es el Cuerpo de Rescate y Extincion de Incendios, conocido como CREI. Este Cuerpo tiene la funcion de actuar de manera inmediata al existir cualquier incidente que se presente en la operacion del aeropuerto, con la importante finalidad de rescatar a las personas que se encuentren en peligro.

Para efectuar esta mision, sera necesario el contar con el equipo especializado y el personal calificado; ya que para la extincion de un incendio provocado por los combustibles que utilizan las aeronaves, se requiere de sustancias especiales, como agua ligera y deferentes quimicos.



En el Aeropuerto de la Ciudad de Cuernavaca, el Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios se encuentra a un costado de la zona terminal, teniendo un espacio de 200 m<sup>2</sup>. Consta de equipo formado por: un carro tanque, con un cañon disparador de agua con alcance aproximado de 40 mts; dos carros de ataque inmediato; un carro cisterna, y una ambulancia. Estos vehiculos los podemos apreciar en las fotografias 5.12, 5.13.



Carro Tanque con Cañon Disparador de Agua.

Fotografía 5.12



Carro de Ataque Inmediato  
Fotografia 5.13

### 5.3) AYUDAS VISUALES

Uno de los elementos fundamentales para la seguridad en la operacion de un aeropuerto son las ayudas visuales, que se le brindan al piloto. El manejo de la aeronave tanto en el aire como en las calles de rodaje y en plataformas, requiere de ciertos anencios de la posicion de la nave con respecto a puntos fijos y espacios.

Las ayudas visuales se pueden clasificar en luminosas y no luminosas. Estas ayudas nos marcan principalmente las limitaciones de zonas de operacion, orientacion e informacion de las caracteristicas del aerodromo. Dentro de las maniobras que podemos considerar como criticas para cada operacion es la aproximacion a la pista en vuelo, siendo esta accion la requiera de mayor atencion, ya que se debe de tener precision tanto en la pendiente de aproximacion como en la correcta nivelacion y alineamiento de la nave con respecto a la pista. Una vez efectuado el aterrizaje, el cual se realiza en promedio a 255 Km/hr ( 130 nudos ), es necesario brindar la informacion al piloto del eje de la pista asi como la longitud de pista restante.

Efectuado el aterrizaje y reducida la velocidad de la aeronave el piloto necesitara la informacion sobre la salida de esta, que debera de estar señalizada tanto en su denominacion como en su dimension. Tambien debera de estar señalada la calle de rodaje que llevara al avion a la plataforma, en donde encontrara su posicion de estacionamiento asignada.

En los aeropuertos el equipamiento de las ayudas visuales e instrumentacion para la navegacion aerea dependera directamente de las condiciones meteorologicas reinantes en la zona, ya que se puede tener un aeropuerto con trafico considerable en el cual operen aviones de gran tamaño y no contar con el equipo de navegacion y de ayudas visuales mas complejos.

Ya que si existen buenas condiciones climatológicas en el aeropuerto, la mayoría de los casos no se requerirá de éste equipo, por lo que no se justificará su costo.

La O.A.C.I ha realizado una clasificación de los aeropuertos en base a la condiciones meteorológicas mínimas para la operación de las aeronaves. Estas condiciones se muestran a continuación en la tabla 5.16, tomada del Anexo 14 de esta organización.

CATEGORIAS DE LOS AEROPUERTOS DE PRECISION		
CATEGORIA	TECHO	VISIBILIDAD
I	60 m ( 200 ft )	800 m ( 2500 ft )
II	30 m ( 100 ft )	400 m ( 1300 ft )
III	a) 0 m	200 m ( 600 ft )
	b) 0 m	50 m ( 150 ft )
	c) 0 m	0 m ( 0 ft )

Tabla 5.16

En esta tabla podremos visualizar los parametros que se consideran para otorgar la categoría a un aeropuerto, rigiendose en función del techo de la nubes ( es la distancia que existe ente el suelo y las nubes en su parte inferior ), así como la visibilidad ( es la distancia mínima a la cuál se puede distinguir un objeto ).

Existe otra clasificación de aeropuertos. que son los de aproximación visual. los cuales no cuentan con ninguna instrumentación para efectuar el aterrizaje.

La diferencia entre cada categoría será en el mayor o menor equipamiento tanto de luces como de instrumentos de navegación.

Para un aeropuerto pequeño en donde operan generalmente aeronaves monomotoras y bimotoras, en el cual no se tiene aproximación por instrumentos o instalaciones para el control de tránsito aéreo, las ayudas visuales terrestres deben de satisfacer todas las necesidades operacionales para los pilotos.

Siendo normalmente los requisitos operacionales que se le presenta al piloto los siguientes:

- a) Ubicación del aeropuerto.
- b) Identificación del aeropuerto.
- c) Información para el aterrizaje.
  - 1) Dirección y velocidad del viento.
  - 2) Designación de pista.
  - 3) Estado de la pista ( cerrada o habilitada ).
  - 4) Designación de las pistas por orden de preferencia ( esta operación se realiza normalmente para fines de atenuación de ruido, siempre y cuando la dirección y la velocidad del viento permita el uso de las pistas ).
- d) Guía para el vuelo en circuito.
- e) Guía de aproximación final para tomar contacto.
  - 1) Indicación de borde de pista y de umbral.
  - 2) Guía de pendiente de aproximación.
  - 3) Guía para el punto de referencia visual.
  - 4) Indicación del eje de la pista.
- f) Guía para el recorrido en tierra.
  - 1) Indicación del eje de la pista.
  - 2) Indicación del borde de la pista.
  - 3) Ubicación de la salida hacia la calle de rodaje.
  - 4) Indicación del extremo de la pista.
- g) Guía para el rodaje.
  - 1) Indicación de borde y/o eje de la calle de rodaje.

2) Señalización ( letreros de emplazamiento y encaminamiento ) hacia las zonas de estacionamiento y servicio.

h) Información para el despegue.

( Es la misma proporcionada en el inciso "c" ).

i) Guía para el despegue.

- 1) Indicación del eje de la pista.
- 2) Indicación del borde de la pista.
- 3) Indicación del extremos de la pista.

Como es visto se requiere brindar cierta información al piloto de la aeronave para efectuar con seguridad las operaciones de aterrizaje y de despegue.

En el caso el aeropuerto Mariano Matamoros, se podrá clasificar por la instrumentación con la que cuenta y el tipo de ayudas visuales que posee, como un aeropuerto de aproximación visual, ya que la torre de control, sólo cuenta con aparatos de radiocomunicación. El sistema de iluminación consta de luces de borde de pista, así como un sistema de señalización de pendiente de aproximación ( PAPI ) en la pista 20.

Dentro de el sistema de ayudas visuales, la parte que requiere de mayor atención es la indicación de la pendiente de aproximación, ya que ésta maniobra es de precisión y es de vital importancia que las aeronaves crucen el umbral de la pista con suficiente altura y velocidad, al fin de poder tener un aterrizaje suave.

Esto se obtendrá con una disminución de la velocidad vertical y la disminución de la velocidad de descenso. Estas disminuciones deberán de ser simultáneas, a manera que las ruedas de la aeronave toquen la pista justamente antes o en el mismo momento de la pérdida de sustentación de las alas.

Antes de comenzar con el análisis de las ayudas visuales existentes en el aeropuerto, realizaremos un breve estudio del espacio aéreo del aeropuerto Mariano Matamoros. Este estudio lo realizaremos en base a las normas proporcionadas por la O.A.C.I., que se encuentran establecidas en el Anexo 14.

Estas normas tienen como finalidad el definir el espacio aéreo que se mantendrá libre de obstáculos para que se lleve a cabo con seguridad las operaciones de despegue y aterrizaje efectuados por las aeronaves.

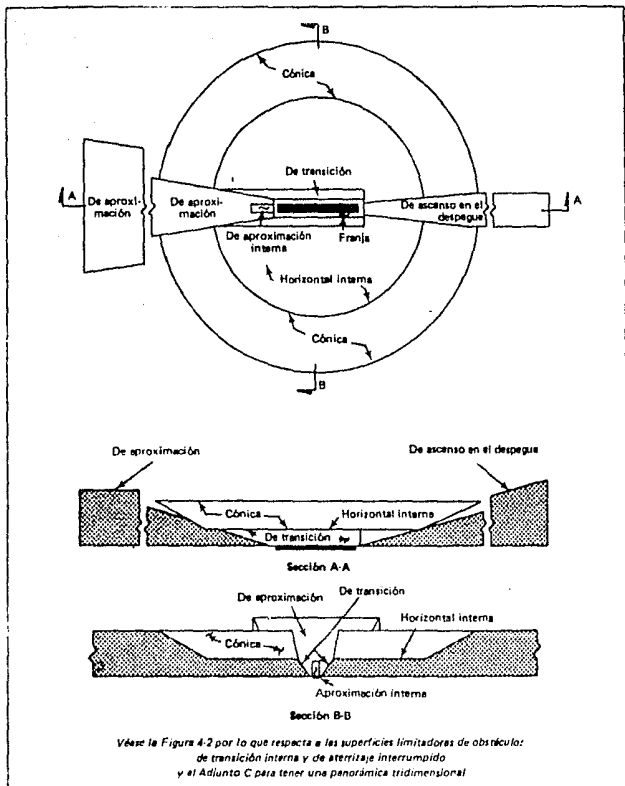
Teniendo en cuenta que se trata de un aeropuerto de aproximación visual, las normas establecen 4 superficies limitadoras de obstáculos. Las cuales describiremos a continuación:

\_ Superficie Cónica: Es la superficie de pendiente ascendente que se genera alrededor de aeródromo ( Ver Figura 5.20 y 5.21 ).

\_ Superficie Horizontal Interna: Es una superficie situada en el plano horizontal sobre un aeródromo y sus alrededores ( Ver Figura 5.20 y 5.21 ).

\_ Superficie de Aproximación: Es la superficie en la cual las aeronaves realizan sus aproximaciones, siendo ésta un plano inclinado ( Ver Figura 5.20 y 5.21 ).

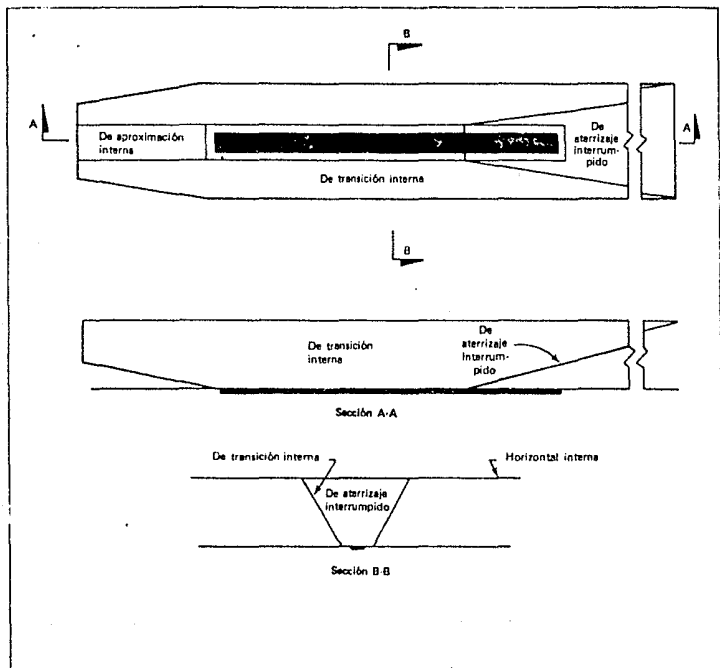
\_ Superficie de Transición: Es la superficie que se extiende a lo largo del borde de la pista y se intersecta con la superficie de aproximación, tiene una pendiente ascendente en los extremos mayores ( Ver Figura 5.20 y 5.21 ).



Espacio Aereo

Figura 5.20





Cortes de Superfices Limitadoras

Figura 5.21

Para obtener las dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos será necesario consultar las especificaciones proporcionadas por la Organización de Aviación Civil Internacional, siendo éstas las contenidas en la tabla 5.16, de la página siguiente, tomada de Anexo 14.

Para éste análisis primero ubicaremos el número clave del aeropuerto dentro de la clasificación que nos brinda la tabla 1.1 , contenida en el primer capítulo de este trabajo.

Observamos que la clasificación del aeropuerto se realiza en base a la longitud de campo de referencia del avión, que para éste caso siendo un aeropuerto de tipo regional, los aviones a utilizar será el Fokker 27 y el ATR 42. El primero tiene una longitud de campo de 1670 m, y el segundo tiene una longitud de 1350 m. Por lo que podremos clasificar al aeropuerto con el número clave 3.

Una vez teniendo la clasificación del aeropuerto y conociendo los planos limitadores de obstáculos, los aplicaremos al aeropuerto en estudio.

Las superficies generadas por el aeropuerto se muestran en el plano 5.1 y 5.2.

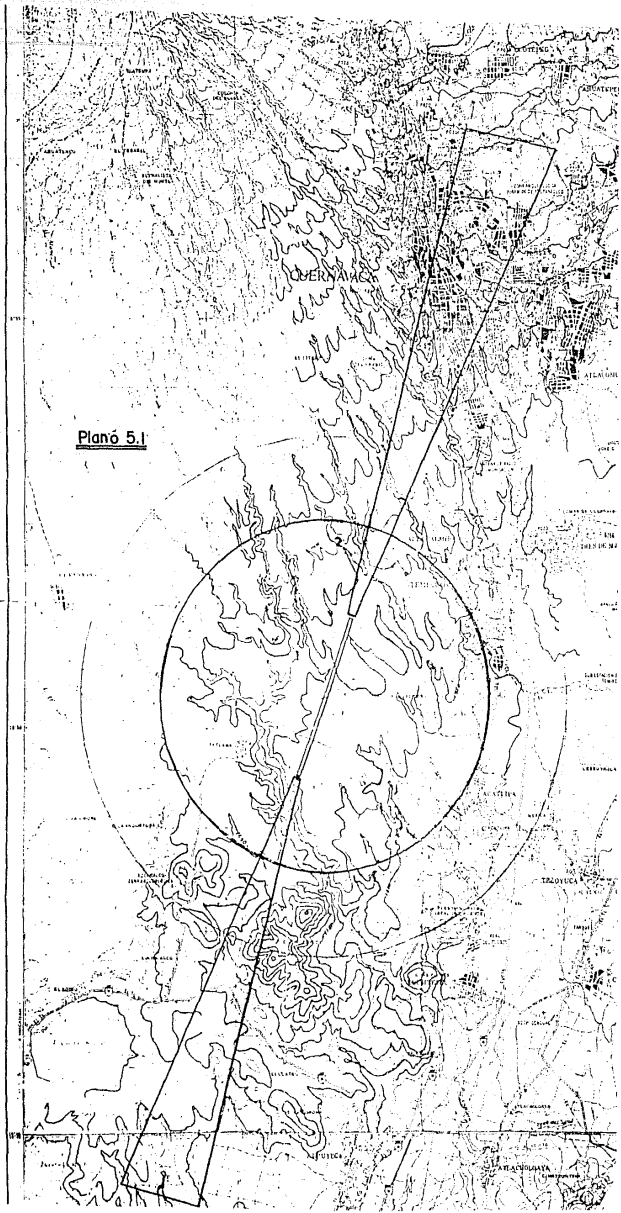
Tendremos como la superficie de mayor diámetro la que es conocida como superficie cónica, que cuenta con un diámetro de 6 km desde el centro de la pista. La superficie que se encuentra en el interior es conocida como la superficie horizontal interior, con un radio de 4 km.

Ambas superficies se encuentran intersectadas por la superficie de aproximación, la cual tiene en este caso una pendiente de 3.3% como la recomienda el Anexo 14.

Para poder visualizar estos planos será necesario el observar el plano 5.2.

SUFICIENCIAS DIMENSIONALES	CLASIFICADOR DE CALIDAD						
	APROXIMACION VISUAL				APROXIMACION DE BORDO INTERIOR		
	Módulo de borde				Módulo de borde		
	1	2	3	4	1	2	3
VERTICAL	Pendiente	5%	3%	5%	5%	5%	5%
	Altura	25m	50m	75m	100m	50m	75m
HORIZONTAL INTERNA	Altura	45m	45m	45m	45m	45m	45m
	Radio	2000m	2500m	4000m	4000m	2000m	4000m
APROXIMACION	Longitud de borde interior	60m	80m	150m	150m	150m	300m
	Distancia desde el borde	20%	60m	50m	60m	50m	60m
	Divergencia a cada lado	10%	10%	10%	10%	15%	15%
Primera sección							
	Longitud	1600m	2000m	3000m	3000m	3000m	3000m
	Pendiente	5%	4%	3.5%	3.5%	3%	3%
DE TRANSICION	Pendiente	3%	2%	14.3%	14.3%	3%	14.3%

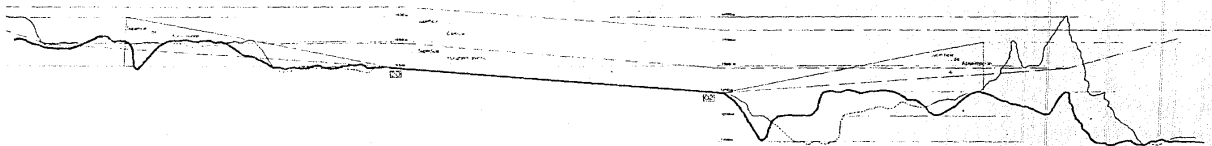
Tabla 3.19



Planó 5.1

Aeropuerto Mariano Matamoros  
Plano Escudo, Sechos  
Plata 02-20

Escala horizontal 1:2500  
Escala vertical 1:200



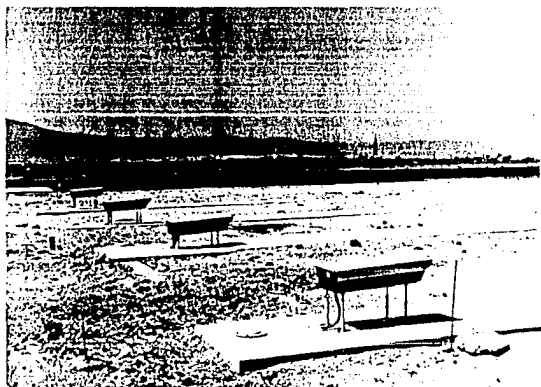
Plano 57

En este plano observaremos que en ambos sentidos de la pista existen obstáculos que restringen el espacio aéreo, por lo que será necesario el realizar un estudio aeronáutico más detallado. Este estudio nos deberá de proporcionar un procedimiento de aproximación seguro, teniendo en cuenta que en estos momentos todas las operaciones se realizan de manera visual y son diurnas. Mas una vez que se realicen operaciones nocturnas se necesitara un procedimiento de aproximación por instrumentos.

Este procedimiento en principio se podra crear en base a las ayudas para la navegación aérea disponibles, como es el VOR ( Very High Frequency Omni Directional Radio ) que se encuentra ubicado en Tequesquiteño.

Como se menciona anteriormente uno de los puntos más delicados para la seguridad en cualquier aproximación es el mantener una pendiente correcta, para ayudar al piloto a establecer esta pendiente en la actualidad existen tres tipos de señalización: El VASIS ( Visual Approach Slope Indicator System ), el VASIS de 3 barras y el PAPI ( Precision Approach Path Indicator ).

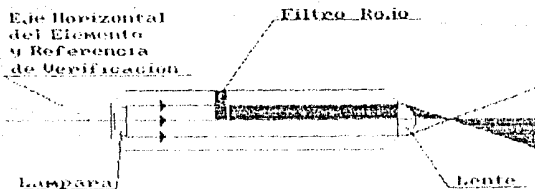
El sistema PAPI comprende de una sola barra de ala, que contiene cuatro elementos, situada en ángulo recto con respecto al eje de la pista. El elemento más cercano de la pista estará situado a mayor altura que el ángulo de aproximación requerido, con la reducción progresiva en el reglaje de los elementos situados más hacia afuera. El sistema lo podemos visualizar en la fotografía S.14.



Sistema Indicador de Pendiente FAMI

Fotografía 5.14

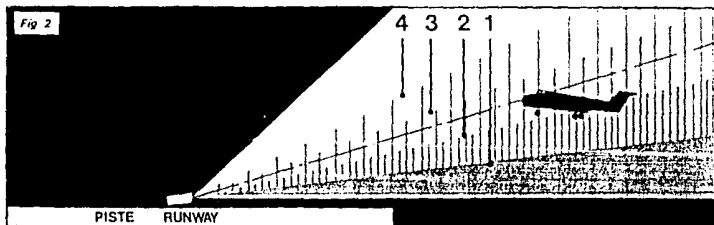
El funcionamiento del sistema para la indicación del ángulo de aproximación se base en elementos que producen una señal luminosa de color rojo en su parte inferior y de color blanco en la superior. En la figura 5.20 se muestra el principio óptico con lo que funcionan estos elementos.



Elemento Luminoso de PAPI  
Figura 5.22

La instalación del PAPI, al ser un sistema de precisión, deberá de encontrarse colocado sobre bases de elementos sólidos, como bases de concreto, con el fin de buscar la mayor estabilidad. La forma de estas bases serán de tal manera que presenten el mínimo peligro en el caso de que las aeronaves choquen con ella. Deberá de tener la suficiente resistencia para poder soportar los movimientos producidos por los chorros de las aeronaves.

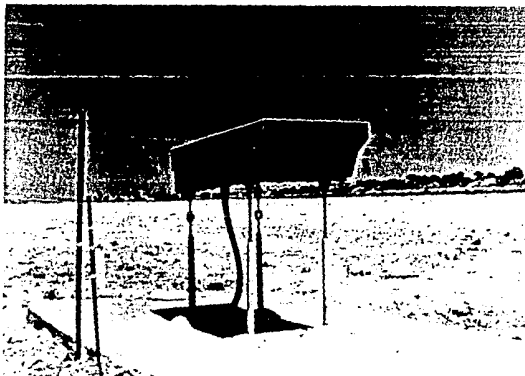
Para entender el funcionamiento del sistema podremos observar la figura 5.23 mostrada a continuación.



Funcionamiento del Sistema de Indicación de Fendencia PAPI  
Figura 5.23



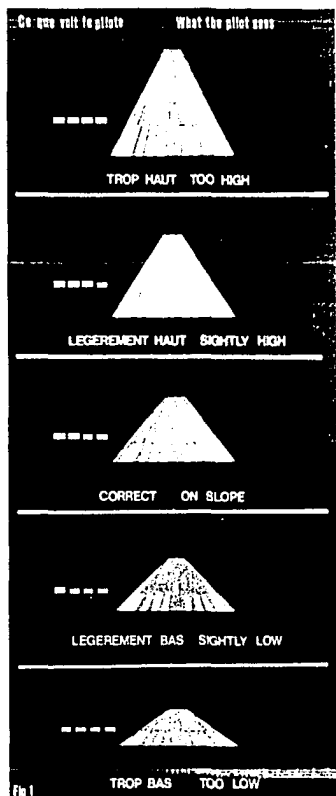
En la fotografía 5.15 se puede ver un elemento del sistema de indicación de aproximación PAPI, en el cual se puede observar la estructura sólida sobre la cual esta montada, así como su fragilidad ante cualquier aeronave que lo golpee.



Elemento de PAPI  
Fotografía 5.15

Para poder entender como funciona el sistema en la figura 5.24, de la página siguiente, en donde podremos observar las señales que se le brindan al piloto, dependiendo del ángulo con el que realice la aproximación.

El sistema comenzara a funcionar dentro de un radio de 28 km, apartir del umbral de la pista, como se muestra en la figura 5.25 de la página siguiente.



Señales Luminosas Emitidas Hacia el Piloto Indicando la Pendiente de Aproximación en el Aterrizaje.

Figura 5.24

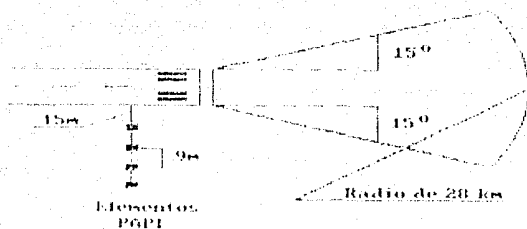


Figura 5.25

Después de la instalación del PAPI en el aeropuerto Mariano Badajón se realizaron las bases mostradas en la fotografía 5.14.



Bases para la instalación del PAPI  
Fotografía 5.14

En la fotografía podremos observar las bases para la instalación del sistema de señalización de pendiente de aproximación. Cabe mencionar que estas instalaciones no cumplen con las especificaciones dadas por la O.A.C.I., ya que estas bases representan un obstáculo para cualquier aeronave.

Dentro de las ayudas visuales que requiere cualquier piloto para poder operar con seguridad, son las luces de pista, que señalan espacios y objetos.

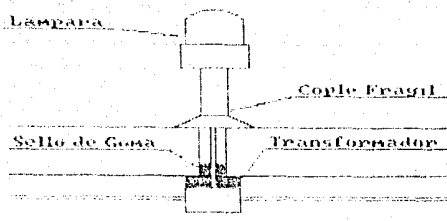
Esta iluminación dependiera de la categoría del aeropuerto, ya sea en cantidad e intensidad de elementos luminosos. El equipamiento de elementos luminosos para un aeropuerto de aproximación visual que nos marca las normas contenidas en el Anexo 14 serán: Iluminación del borde de pista, Iluminación de las calles de rodaje y plataformas.

Para la iluminación del borde de pista se requiere de luces color blanco con una intensidad de 200 watts, colocándose a cada 60 m. En las calles de rodaje se usan luces de color azul con una intensidad media de 45 watts.

La conexión de la lámparas se realizan en serie. Cada lámpara cuenta con un transformador, ya que en el caso de una falla de una unidad no se desconecte toda la serie.

Estas lámparas cuentan con un cople frágil, para evitar el ser un obstáculo en la salida de un avión de la pista, como se muestra en la figura 5.25.

En la figura 5.26 se muestra la iluminación de una pista de aproximación visual.



Lampara de Cable Frágil

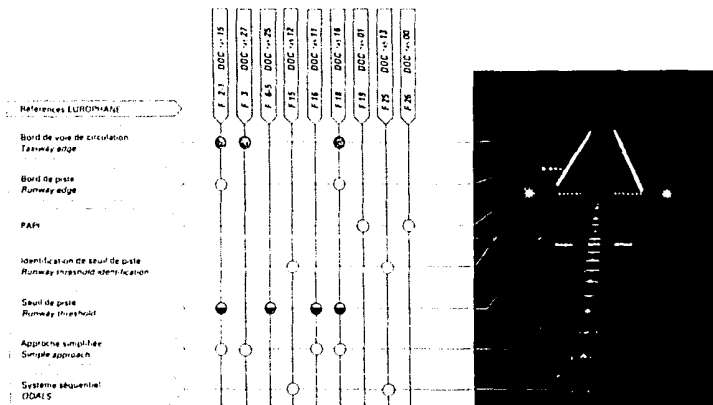
Figura 5.25

## Balísage de piste et approche simplifiée

Pistes à vue ou pistes avec approche aux instruments

## Simple approach runway lighting

Non instrument runways or instrument approach runways



Iluminación de una Pista de Aproximación Visual

Figura 5.26

En el caso del aeropuerto Mariano Matamoros de la Ciudad de Cuernavaca el sistema de iluminacion se encuentra inoperante desde hace 1 año, ya que al no utilizar el aeropuerto para operaciones nocturnas por motivos de demanda e itinerarios, asi como por la falta de un cerco perimetral del aeropuerto que permite el acceso de animales y personas ajenas las cuales fueron sustrayendo las lamparas de ciertas partes de la pista, con lo que se tomo la decision de desmontar las luces.

Dentro de las ayudas visuales no luminosas en los aeropuertos podremos encontrar entre otras a los conos de viento y letreros. Los conos de viento tiene la finalidad de indicar la dirección del viento y su intensidad, tanto los letreros tienen la finalidad de indicar pistas, calles de rodaje, plataformas, puestos de estacionamiento y zonas terminales.

Para el aeropuerto de la Ciudad de Cuernavaca las unicas ayudas visuales no luminosas son dos conos de viento instalados en cada extremo de la pista, mostrandose en la fotografia 5.17.



Cono de Viento  
Fotografia 5.17

## 6) CONSTRUCCION

La construcción de cualquier obra de ingeniería civil es la culminación de toda una serie de estudio y proyectos que nos determinan las características y especificaciones a construir.

En los aeropuertos como obras de ingeniería civil no pueden escapar a este proceso, ya que una vez analizados los principales parámetros del aeropuerto, en este capítulo nos enfocaremos principalmente al análisis de los pavimentos diseñados para el aeropuerto Mariano Matamoros de la Ciudad de Cuernavaca. También se hará un análisis del camino de acceso como una evaluación económica del proyecto.

### 6.1) PAVIMENTOS

Los pavimentos son las estructuras del aeropuerto que nos permiten soportar el peso de vehículos o aeronaves, y a la vez poseen la capacidad de transmitirlo al terreno natural.

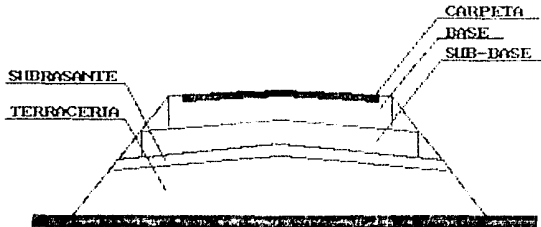
Estas estructuras son de vital importancia dentro de un aeropuerto ya que su estado defectuoso podrá provocar una mala operación del aeropuerto, que a la vez se transmite en un retraso en operaciones y en algunas ocasiones hasta cancelaciones temporales de estas.

A los pavimentos los podremos clasificar en dos grandes grupos que varían dependiendo de su estructura, siendo éstos :

- Pavimentos Flexibles
- Pavimentos Rígidos

## 6.1) PAVIMENTOS FLEXIBLES

Se les conoce como pavimentos flexibles a cualquier estructura que posea los siguientes componentes (fig 6.1):



Pavimento Flexible

FIG 6.1

### 6.1.1) FUNCION DE LAS DISTINTAS CAPAS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE.

Como se muestra en la figura 6.1, el pavimento flexible consta de tres principales capas o estructuras, que a continuación describiremos por su función estructural:

- Sub-Base: Una de las principales funciones de la sub-base es de carácter económico, ya que se trata de formar el espesor requerido con el material más barato posible. Otra función consiste en servir de transición entre el material de base que generalmente es granular más o menos grueso y la propia subrasante.

La Sub-Base, más rina que la base, actua como filtro de esta e impide su incrustación en la subrasante. Esta capa también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales en la subrasante, ya que como ejemplo podremos mencionar los cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que éstos se reflejen en la superficie del pavimento.



Otra función de la Sub-Base es la de actuar como dren para desalojar el agua que se infiltre al pavimento y la de impedir la ascensión capilar de agua hacia la base.

- Base: La base también cumple con funciones de carácter económico principalmente, ya que permite reducir el espesor de la carpeta, que es de mucho mayor costo; pero la función principal de la base de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la Sub-Base y a la Subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito de una intensidad prevista.

La Base en muchos de los casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascension capilar de agua.

- Carpeta: La carpeta debe proporcionar un superficie de rodamiento adecuada, con la textura y color convenientes, resistir los efectos abrasivos del tráfico, hasta donde sea posible, debiera de impedir el paso de la agua al interior del pavimento.

Siendo la carpeta del pavimento flexible de una mezcla de agregados petreos y de cemento asfáltico. El cemento asfáltico lo podremos definir como el material derivado de productos del petróleo con poder aglutinante, el cual no es posible manejarlo a temperatura ambiental. Este material solo es posible manejarlo caliente o disolviéndolo.

A los pavimentos flexibles podremos clasificar de la siguiente manera:

- \_ Concretos asfálticos con mezcla en caliente.
- \_ Concretos asfálticos con mezcla de planta en frío.
- \_ Concretos asfálticos con mezcla en sitio en frío.
- \_ Carpetas de riego.

De esta clasificación el último de los tipos de pavimentos es poco recomendable para su uso en los aeropuertos, ya que el desprendimiento de las partículas propias de los agregados del pavimento suele ser común y se realiza con mucha facilidad, lo que puede dañar la superficie inferior de las aeronaves o en su caso las hélices de estas.

#### 6.1.2) PAVIMENTOS RIGIDOS

Dentro de los pavimentos rígidos encontraremos que están formados por las siguientes estructuras:



Pavimento Rígido

Figura 6.2

Este tipo de pavimentos se compone principalmente de losas de concreto hidráulico ( Concreto Portland ) y de una Sub-lase estabilizada.

A estos pavimentos los podemos clasificar como:

- \_ Losas no armadas
- \_ Losas armadas
- \_ Losas preesforzadas ( pretensadas o postensadas )

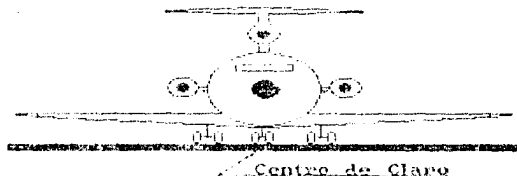
El pavimento de un aeropuerto y las aeronaves operan representan un sistema interrelacionado, por lo que para obtener un diseño satisfactorio del pavimento, habra que relacionar dentro del cálculo tanto a la aeronave como al pavimento.

Por lo que se tendrá que seguir un control esmerado en la construcción y en la parte del mantenimiento ( que en el caso de los pavimentos flexibles será de mayor importancia ), para la producción de un pavimento que llegue a la vida útil normal prevista. Los pavimentos se calcularán para proporcionar una vida útil finita y para las fallas por fatiga. Una construcción deficiente y la ausencia de mantenimiento preventivo con frecuencia tendrán como consecuencia que aun el mejor pavimento calculo presente un comportamiento decepcionante.

Los pavimentos al encontrarse sometidos a una variedad de cargas y de efectos climatologicos requieren de un gran número de variables que se encuentran interrelacionadas, que con frecuencia son difíciles de cuantificar.

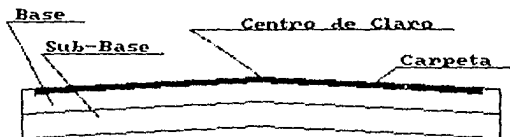
Cabe mencionar varias consideraciones que se deben de tener en cuenta para el diseño de los pavimentos:

1) La canalización del trafico : Para los aeropuertos las repeticiones de las cargas se encuentran distribuidas de la siguiente manera ( figura 6.3 ):



**Trafico Canalizado en el Centro de la Pista**  
**Figura 6.3**

Con lo que para el diseño de pavimentos para aeropuertos tendremos la siguiente configuración:



Distribucion de Espesores

Figura 6.4

2) La frecuencia de cargas: debido a que en los aeropuertos es menor la repetición de cargas que en las carreteras, el problema de repetición de cargas no representa un factor de gran importancia para el diseño de pavimentos en este tipo de obras.

3) Intensidad de cargas: el tipo de tren de aterrizaje y su configuración determinan de que modo se distribuye el peso de la aeronave en el pavimento y a su vez se establece de que manera responde el pavimento a las cargas producidas por la aeronave.

4) Presión de inflado de neumáticos: esta presión varia entre 75 y 200  $\text{lb}/\text{pul}^2$ , en función de la configuración del tren de aterrizaje y del peso bruto de la nave. Esta presión de los neumáticos ejerce una influencia sobre las tensiones de los pavimentos a medida que aumenta el peso bruto de la aeronave.

### 6.1.3) DISTRIBUCION DE CARGAS EN PAVIMENTOS

Para el estudio de los pavimentos se requiere conocer de que manera se realizan las distribuciones de las cargas hacia el terreno de fundación de la pista. Para este caso en especial nos enfocaremos a los pavimentos flexibles. Para estos pavimentos se considera una distribución de esfuerzos lineal, con un ángulo de 45 grados.

Para entender mejor esta distribución será necesario el observar la figura 6.5

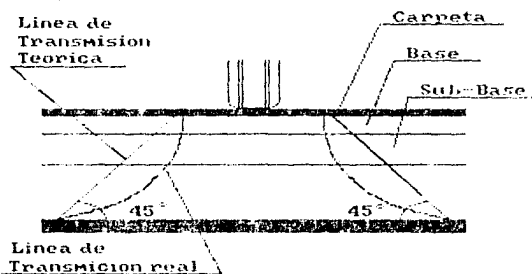


Figura 6.5

Se ha encontrado que esta distribución real de esfuerzos sufre una pequeña modificación, la cual se también se ilustra en la figura 6.5 con líneas punteadas. La importancia de conocer esta distribución de esfuerzos será, al aplicar las cargas al pavimento, ya que los esfuerzos producidos por estas cargas tendrán que ser menores o iguales a los esfuerzos admisibles del terreno.

### 6.1.4) DISEÑO DE PAVIMENTOS

Para el diseño de los pavimentos para el aeropuerto Mariano Matamoros, nos enfocaremos al uso de pavimentos flexibles, ya que la pista, calle de rodaje y la plataforma están construidas en este tipo de material.

El pavimento de un aeropuerto y las aeronaves que operan en él forman un sistema interrelacionado, ya que la variación del tráfico aéreo, representará un trabajo mayor o menor al pavimento.

Se requiere un control esmerado en la construcción del pavimento y de manera importante en su mantenimiento. Los pavimentos se calculan para proporcionar una vida útil finita, y que una construcción deficiente y la ausencia del mantenimiento preventivo, hacen que aun el pavimento mejor calculado presente un comportamiento decepcionante.

La determinación de los requisitos de espesor del pavimento es un problema técnico complejo ya que los pavimentos se encuentran sometidos a una gran variedad de cargas y efectos climatológicos. El proceso de diseño comprende un gran número de variables interrelacionadas, las cuales en la mayoría de las ocasiones resulta difícil de cuantificar. Aunque se han llevado a cabo numerosas investigaciones sobre este tema no se han podido desarrollar un procedimiento de cálculo matemático que funcione satisfactoriamente.

El análisis de datos experimentales relativos a pavimentos y con el estudio del comportamiento de estos en condiciones de servicio real, se ha llegado a la elaboración de gráficas para el cálculo de espesores de pavimentos.

Estos pavimentos calculados de acuerdo con las normas están previstos para proporcionar una vida útil estructural de 20 años, libres de grandes obras de mantenimiento, salvo que ocurran modificaciones de la magnitud del tráfico previsto.

El cálculo estructural del pavimento de un aeropuerto consiste en determinar tanto el espesor general como la partes componentes del mismo.

Existen varios factores que ejercen influencia sobre el espesor del pavimento requerido para poder proporcionar un servicio satisfactorio, entre los cuales podemos mencionar: la magnitud y características de las cargas a soportar, el volumen del tráfico, la concentración del tráfico en ciertas zonas del aeropuerto y la calidad del terreno de fundación, así como el material con el que se construirá el pavimento.

Para el diseño de pavimentos flexibles en aeropuertos existen muchos métodos a seguir, en este caso utilizaremos el método recomendado por la FAA ( Federal Aviation Administration ) de Estados Unidos, la cual calcula la resistencia del pavimento en función del peso bruto de la nave y el tipo de tren de aterrizaje.

Este método permite evaluar un pavimento que soporte varios tipos y pesos de aeronaves, basando la resistencia de los materiales previstos para utilizar en las estructuras de los pavimentos flexibles, por medio del Índice de Penetración California conocido como CBR.

El índice de penetración California es básicamente un ensayo de penetración llevado a cabo en un régimen de tensión uniforme. La fuerza necesaria para producir una penetración dada en un material que se ensaya, se compara con la fuerza requerida para producir la misma penetración en una caliza machacada normalizada. Este resultado se presenta como una relación de las dos fuerzas. Como ejemplo podemos decir que un material con valor CBR 10 significa que el material en cuestión ofrece un 10% de la resistencia a la penetración, comparada con la que ofrece la piedra machacada normalizada.

Los ensayos CBR en laboratorio deberán de llevarse conforme la norma ASTM-1853 (Bearing Ratio of Laboratory - Compacted Soils). Estos ensayos de laboratorio se llevan a cabo con materiales extraídos y remoldeados a la densidad que se obtendrán durante la construcción.

Esta muestra se satura para poder simular las condiciones probables que ocurrirán en un pavimento en servicio durante cierto tiempo, ya que los cimientos del pavimento tienden a alcanzar una saturación prácticamente completa a los 3 años.

Los ensayos CBR realizados en terreno deberán de llevarse a cabo de acuerdo con los procedimientos indicados en el manual serie No. 10 (Ms-10) por The Asphalt Institute. Estos ensayos en campo nos pueden proporcionar información valiosa sobre los cimientos de los pavimentos que se encuentran tendidos desde hace varios años. El material deberá de estar en el lugar durante un tiempo suficiente para permitir que la humedad alcance un estado de equilibrio. El número de ensayos CBR para establecer correctamente un valor de cálculo no se podrá determinar de manera sencilla, dependerá de las condiciones del terreno encontrado. Estas condiciones son las que ejercerán la mayor o menor influencia sobre el número de pruebas necesarias.

Para el diseño de pavimentos necesitamos tener ciertas consideraciones relativas a los tipos de aeronaves que operen en el aeropuerto. El peso bruto de las aeronaves, será uno de los principales factores a tener en cuenta, para el cálculo se supondrá que el 95% del peso de la nave es soportado por el tren de aterrizaje principal y el 5% por el tren de proa. Para éste cálculo se requerirá el peso máximo de despegue.

El tipo y geometría del tren de aterrizaje nos determinará de qué modo se distribuya el peso de la aeronave en el pavimento.



Dentro de las principales configuraciones de trenes de aterrizaje de aviones comerciales encontramos los siguientes tipos:



**Tren Sencillo**



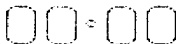
**Tren Doble**



**Tandem Sencillo**



**Tren Tipo Doble Tandem**



**Tren Tipo Doble Doble**

### **Tipos de Trenes en Aviones Comerciales**

La presión de inflados de los neumáticos ejerce gran influencia en la transmisión de los esfuerzos a los pavimentos, ya que dos llantas con la misma carga, pero con diferente presión de inflado transmiten esfuerzos muy distintos en zonas próximas a la superficie de rodaje, así como dos llantas que se encuentran infladas con la misma presión pero con carga diferente, el esfuerzo ocasionado por la llanta de mayor peso será mucho mayor y se dejará sentir mucho más abajo.

El volumen de tráfico será un factor primordial para el diseño de pavimentos, ya que éste nos brinda el número de repeticiones para las cuales será diseñado el pavimento.

Para poder obtener este número de repeticiones será necesario tener los pronósticos de salidas anuales por tipo de aeronaves con diferentes pesos de salida y tipos de aeronaves, la cual por lo general requiere mayor espesor de pavimento.

Para poder utilizar este método de cálculo será necesario en el caso de que existan aviones con diferentes tipos de trenes de aterrizaje hacer la conversión de los distintos trenes de aterrizaje al tren del avión de diseño.

La O.A.C.I para poder realizar esta conversión utiliza los siguientes factores:

<u>PARA CONVERTIR DE</u>	<u>A</u>	<u>MULTIPlicAR LAS</u> <u>SALIDAS POR</u>
Rueda Simple	Rueda Gemela	0.9
Rueda Simple	Tandem	0.5
Rueda Gemela	Tandem	0.6
Doble Tandem	Tandem	1.0
Tandem	Rueda Simple	2.0
Tandem	Rueda Gemela	1.7
Rueda Gemela	Rueda Simple	1.3
Tandem Doble	Rueda Gemela	1.7

Para el método de cálculo, diseñado por la FAA se requiere hacer la conversión de todas las salidas anuales a el avión de diseño que se seleccione. Esta conversión la efectuaremos mediante la fórmula (1) diseñada por la O.A.C.1

$$\log R_1 = \log R_2 (W_1/W_2)^{1/2} \quad (1)$$

Donde

R<sub>1</sub> = Salidas anuales equivalentes de la aeronave de cálculo.

R<sub>2</sub> = Salidas anuales expresadas en tren de aterrizaje de la nave de cálculo.

W<sub>1</sub> = Carga sobre rueda de la aeronave de cálculo.

W<sub>2</sub> = Carga sobre la rueda de la aeronave en cuestion.

Este método de cálculo se rige por los siguientes parámetros:

- \_ Un valor de CBR para el material de cada parte de la estructura del pavimento.
- \_ El peso bruto de la aeronave de cálculo.
- \_ El número de salidas anuales de los distintos tipos de naves a operar en el aeropuerto.

Con estos datos podremos aplicar las gráficas de cálculo diseñadas por la FAA.

**6.1.5) DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA EL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA.**

Para realizar este diseño tendremos que recurrir a los pronósticos de tráfico previstos.

El calculo se realizara con el mayor trafico, el cual sera para el año 2010. Para facilitar las operaciones de calculo realizaremos la tabla 8.1

Aerolínea	Tipo de Avión	Capacidad (Pasajeros)	Frecuencia		Total de Pasajeros
			Diaria	Semana	
Aerolínea A	Boeing 737	150	1	150	150
Aerolínea B	Boeing 737	150	1	150	150

En este caso despreciamos el tráfico generado por la aviación general ya que ejercerá el mínimo esfuerzo en el pavimento.

Para el cálculo del pavimento necesitamos seleccionar un avión crítico, que para este primer estudio será el ATR-42 serie 300.

Al tener aviones con la misma configuración de tren de aterrizaje no sera necesario realizar la conversión de trenes de aterrizaje, los resultados obtenidos se expresan en la tabla 6.2

AERONAVE	LUBRO POR RUEDA		SALIDAS EQUIVALES
	L1	L2	
ATR - 42	9,105	2,915	2,715
Fokker - 27	4,579	1,718	1,483
TOTAL DE SALIDAS			4,200

TABLA 6.2

Utilizando la fórmula (1) podremos calcular las repeticiones equivalentes:

$$\text{Fokker 27} \quad \log R_1 = \log 1483 \times \left[ \frac{4718}{3835} \right]^{1/2} = 3290$$

$$\text{ATR - 42} \quad \log R_2 = \log 2969 \times \left[ \frac{3835}{3835} \right]^{1/2} = 2963$$

---


$$\Sigma 6253$$

Se deberá considerar que en un aeropuerto existen dos tipos de zonas en lo que a pavimentos se refiere, existen zonas críticas y no críticas. Las zonas críticas serán aquellas en donde las aeronaves con el peso considerado de despegue rodan a poca velocidad o permanecen estáticas. Siendo estas zonas las de plataforma, calles de rodaje y la zona central de la pista.

La zona no crítica será en las calles de rodaje utilizadas para salida y las partes exteriores de pista o laterales.

Para obtener los espesores de los pavimentos en estas zonas será necesario el multiplicar por 0.7 el espesor obtenido y cuando se trate de zonas de transición entre pavimento crítico y no crítico o cuando sea la transición con entre pavimento crítico y una calle de rodaje de salida será de 0.9.

En la figura 6.6 se muestra la configuración del aeropuerto de la Ciudad de Cuernavaca señalándose los lugares en donde deberá de tener espesor de pavimento crítico y en donde deberá de estar el no crítico.

Para el diseño del pavimento tendremos en cuenta los valores medios de CBR para cada estructura, siendo estos los siguientes:

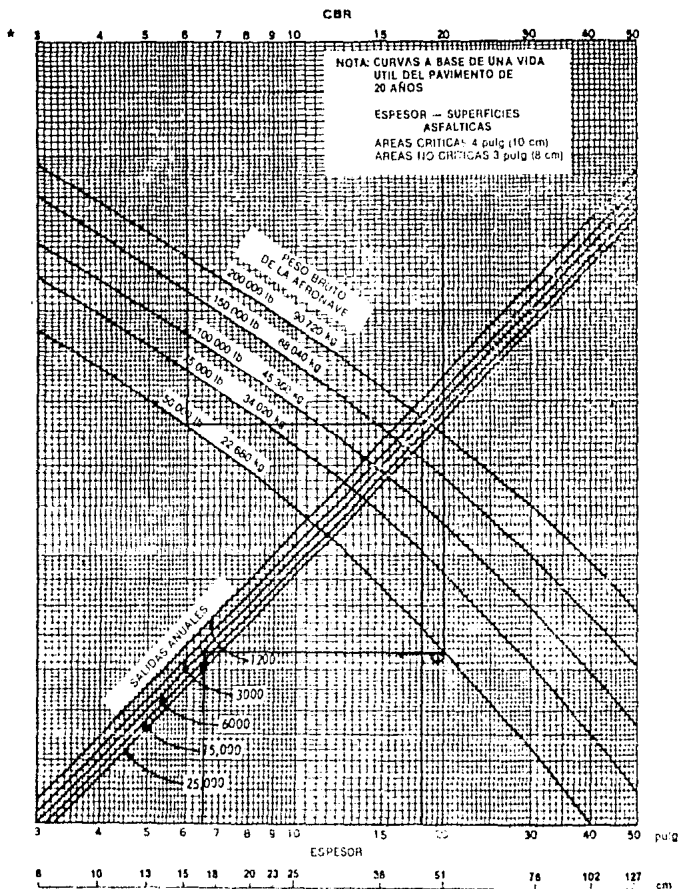
Subrasante	6
Sub - Base	20
Base	> 80

Para el diseño de pavimentos con aeronaves de peso mayor a 100,000 lb ( 45,350 kg ), se utilizarán bases y sub-bases estabilizadas. En este caso no recurriremos a las bases y sub-bases estabilizadas debido que la aeronave de diseño no rebasa los 100,000 lb.

Calculando el espesor de pavimento requerido mediante el uso de la gráfica 6.1 de la página siguiente. El modo de uso de las gráficas es; registrar el valor de CBR en la parte superior, con este valor deslizarse verticalmente hasta intersectar con el valor del peso de la aeronave, deslizarse horizontalmente hasta el valor de la salidas anuales, y por último el deslizarse verticalmente hasta el espesor de pavimento requerido.

De esta manera con el valor de CBR 6 para el terreno de la subrasante encontramos el valor de 18 pul (46 cm). Para la sub-base tendremos que el cálculo se realiza de la misma manera que el de la subrasante, pero utilizando un valor de CBR 20, con lo que obtendremos un valor de 6.5 pul (16.51 cm). Por lo que tendremos un espesor combinado entre la carpeta y la base de:  $18 - 6.5 = \underline{11.5 \text{ pul (29.21 cm)}}$ .

Como se menciona anteriormente el espesor de la superficie asfáltica para zona crítica sea de 4 pul (10 cm) y para las zonas no críticas sera de 3 pul (8 cm).



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



La obtención del espesor de la base será mediante la diferencia ente el espesor de la superficie asfáltica y el espesor combinado de la subrasante con la sub-base, siendo en este caso

$$6.5 - 4.0 = 2.5 \text{ pul (6.25 cm)}.$$

Este espesor de la base se tendrá que comparar con el espesor mínimo de la base requerido, el cual lo obtenemos mediante la gráfica 6.2 de la siguiente página. Para este caso en particular el espesor mínimo de la base obtenido por medio de la gráfica será de 3 pul (15 cm) para zonas críticas.

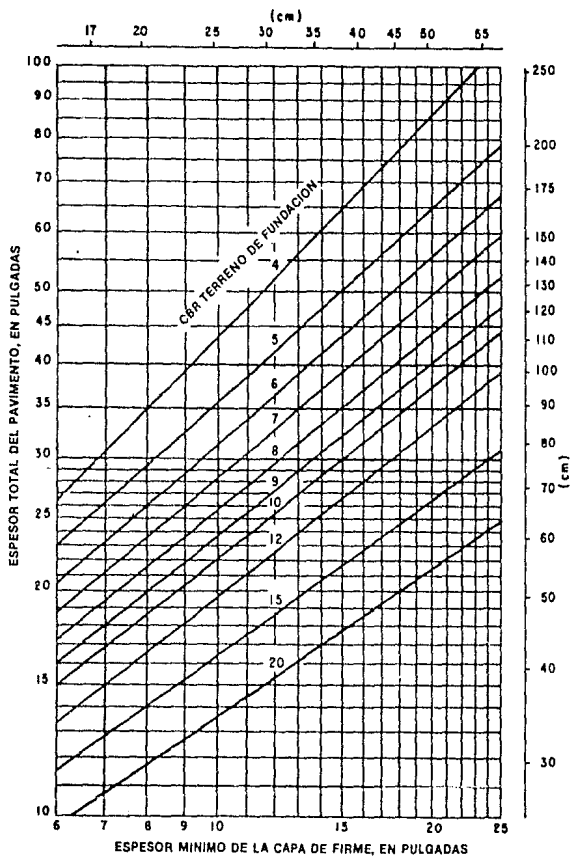
Como el espesor mínimo de la base es de 3 pul, tendremos que realizar una corrección, esta será descontando el espesor de la sub-base necesario para obtener el espesor de la base, siendo para este caso :

$$11.5 \text{ pul} - 3.5 \text{ pul} = 8 \text{ pul (20.32 cm)}$$

Para fines prácticos el espesor calculado se deberá de redondearse en todas sus cifras. El resumen del cálculo del pavimento será el mostrado en la tabla 6.3:

Espesor (pulg)	Espesor requerido		Espesor disponible		Espesor disponible con DSB	
	Superficie	Sub-base	Sub-base	Superficie	Sub-base	Superficie
Superficie asfáltica	6	4	4	6	4	6
Base		15	3	11	3	11
Sub-base	1	20	3	10	3	10

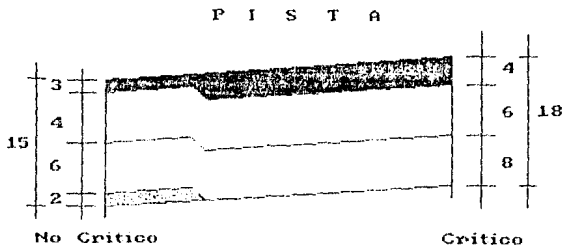
Tabla 6.3



Requisitos mínimos de espesor de la capa de firme

Gráfica 6.2

Con lo que deberemos de tener los siguientes perfiles de pavimentos, mostrados en las figura 6.7



Diseño de Pavimento para ATR-42

Figura 6.7

Las 2 pul de la última sección se recomienda que se añadan para el drenaje subterráneo de la estructura.

De manera semejante realizaremos el diseño del pavimento, pero ahora tomando al avión Fokker 27 como avión crítico.

Calculando de nuevo las repeticiones equivalentes tendremos que :

$$\text{Fokker 27} \quad \log R_1 = \log 1483 \times \left[ \frac{4718}{4718} \right]^{1/2} = 1483$$

$$\text{ATR - 42} \quad \log R_1 = \log 2969 \times \left[ \frac{3835}{4718} \right]^{1/2} = 1351$$

---

Σ 2834

Utilizando los mismos valores de CBR

Sub-asfalte	6
Sub-Base	20
Base	80

Utilizando el mismo procedimiento que en el caso anterior y utilizando la misma grafica 6.1, obtendremos los valores que a continuación se muestran :

Espesor total de pavimento	16.5 pul (41.91 cm)
Espesor de la sub-base	6.0 pul (15.24 cm)
Espesor de carpeta	4.0 pul (10.00 cm)
Espesor de base	16.51 pul (41.51 cm)

Revisando la base, tendremos que se nos pide un mínimo de 6 pul, por lo que no se realizará ninguna modificación al pavimento antes calculado.

El resumen tendremos expresado en la tabla 6.4, con los perfiles mostrados en las figura 6.8.

SOLUCIÓN	E. CARPETA		E. SUB-BASE		E. BASE	
	INCH	CM	INCH	CM	INCH	CM
Carpetas	4	10				
Sub-Base	6	15				
Base			16.51	41.51		
Total	10	25	16.51	41.51		

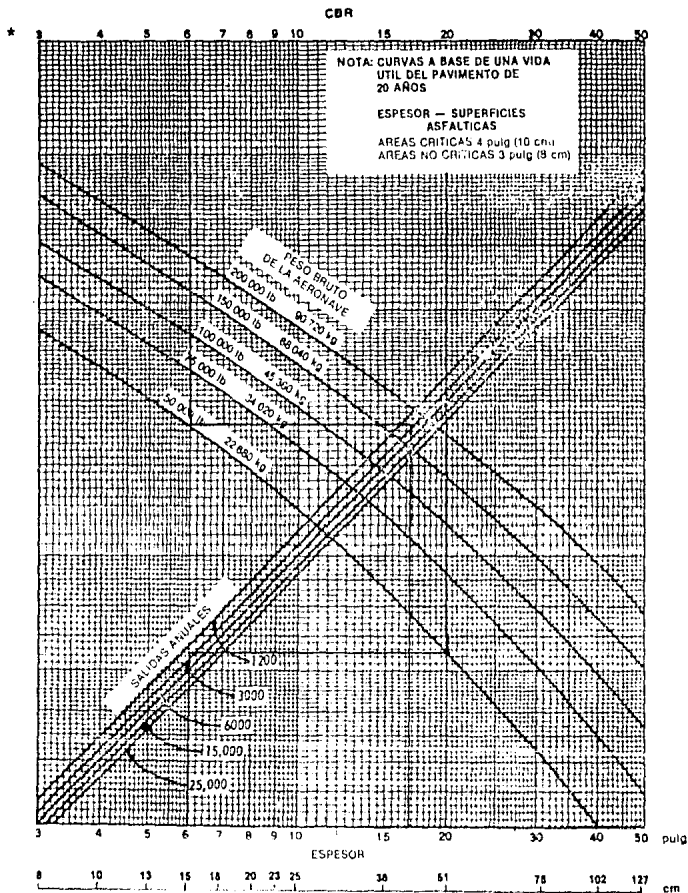


Figura 4-37. Curvas de cálculo de pavimentos flexibles para áreas críticas, tren de ruedas gemelas

© 1974 L. I.

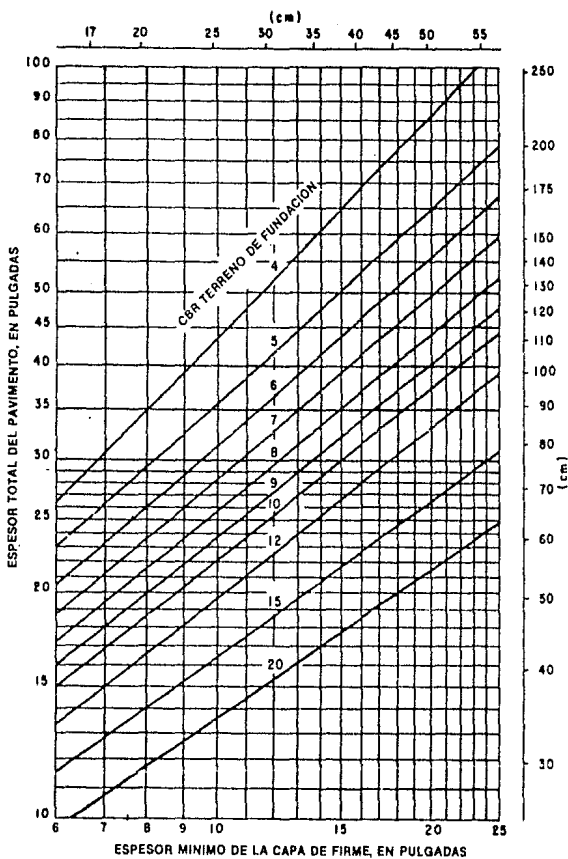
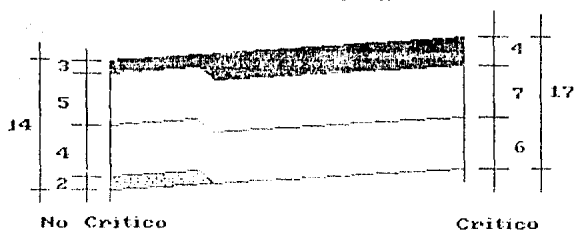


Figura 4-45. Requisitos mínimos de espesor de la capa de firme

Grafica 6.2

# P I S T A



**Diseño de Pavimento para Folker 27**

**Figura 6.8**

El uso de bases y sub-bases estabilizadas se debe al comportamiento probado del uso de un material granular. El comportamiento probado en este caso significa que existen antecedentes de pavimentos en aeropuertos los cuales se han obtenido resultados satisfactorios. Las capas de cimentación estabilizadas ofrecen ciertas ventajas estructurales para el pavimento flexible, estas ventajas pueden expresarse en factores de equivalencia que indican las relaciones del espesor de sustitución aplicable a las diferentes capas estabilizadas. El espesor del material estabilizado puede calcularse dividiendo el requisito de espesor de la base u sub-base por el factor de equivalencia. Existen valores para bases y sub-bases, los cuales se muestran en la tabla 6.5.

EQUIVALENCIAS RECOMENDADAS PARA LA SUB-BASE ESTABILIZADA	
MATERIAL	VALORES DEL FACTOR DE EQUIVALENCIA
CAPA DE AGUARRA ASPÁLTICA	1.7 - 1.2
CAPA DE FIRME ASPÁLTICA	1.7 - 1.2
CAPA DE FIRME ASPÁLTICA SOLIDIDAD EN FRIJO	1.5 - 1.2
CAPA DE FIRME HECHO EN EL LUGAR	1.5 - 1.2
CAPA DE FIRME TRÁFICO CON CEMENTO	1.5 - 2.0
CAPA FIRME DE CEMENTO SOBRE EL TERRENO	1.5 - 2.0
CAPA DE FIRME DE CEMENTO RACHICADO	1.4 - 1.0
CAPA DE IDENTIFICACIÓN DE CEMENTO	1.0
EQUIVALENCIAS RECOMENDADAS PARA PAVES DE TRÁFICO LEVE	
CAPA DE AGUARRA ASPÁLTICA	1.2 - 1.5
CAPA DE FIRME ASPÁLTICA	1.2 - 1.5
CAPA DE FIRME ASPÁLTICO SOLIDIDAD EN FRIJO	1.1 - 1.2
CAPA DE FIRME HECHO EN EL LUGAR	1.0 - 1.2
CAPA DE FIRME TRÁFICO CON CEMENTO	1.2 - 1.5
CAPA DE FIRME DE CEMENTO SOBRE EL TERRENO	NO SE APLICAN
CAPA DE FIRME DE CEMENTO RACHICADO	1.0
CAPA DE IDENTIFICACIÓN	NO SE APLICAN

Tabla 6.1.5



Como se ha visto en el capítulo 5, la longitud de la pista permite la operación de aviones a turboreacción como el 727 y DC-10. Por lo que haremos los diseños de pavimentos para estos dos tipos de aviones.

Para el caso del 727 en su versión 200, obtendremos el número de operaciones previstas. (tabla 6.6)

AERONAVE	TIPO DE TIEN	SALIDAS ANUALES PREVISTAS	PESO MÁXIMO DESPEQUE	
			Lb	Kg
727 200	Rueda Gemelas	1.200	132875	60270

Tabla 6.6

Tomando los mismos valores de CBR que en los casos anteriores:

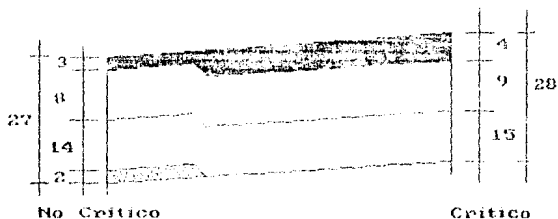
Subrasante	4
Sub-Base	20
Base	> 80

En este caso si tendremos que recurrir al uso de bases y sub-bases estabilizadas, ya que el peso de la aeronave sera de 60,270 kg > 45,000 kg. Por lo que se utilizara como agente estabilizador una capa de firme asfáltico.

El calculo del espesor de pavimento requerido se hará mediante el uso de la gráfica 6.1. Los resultados se expresan a continuación:

Espesor total de pavimento	28 pul (71.12 cm)
Espesor de sub-base	12 pul (30.48 cm)
Espesor de base	8 pul (20.32 cm)
Espesor de carpeta	4 pul (10.00 cm)

Comparando el espesor mínimo con el obtenido mediante la gráfica 6.2, obtenemos que deberá de tener por lo menos un espesor de 9.2 pul (23.36 cm). Con lo que realizando las modificaciones necesarias el diseño sea el mostrado en la figura 6.9.

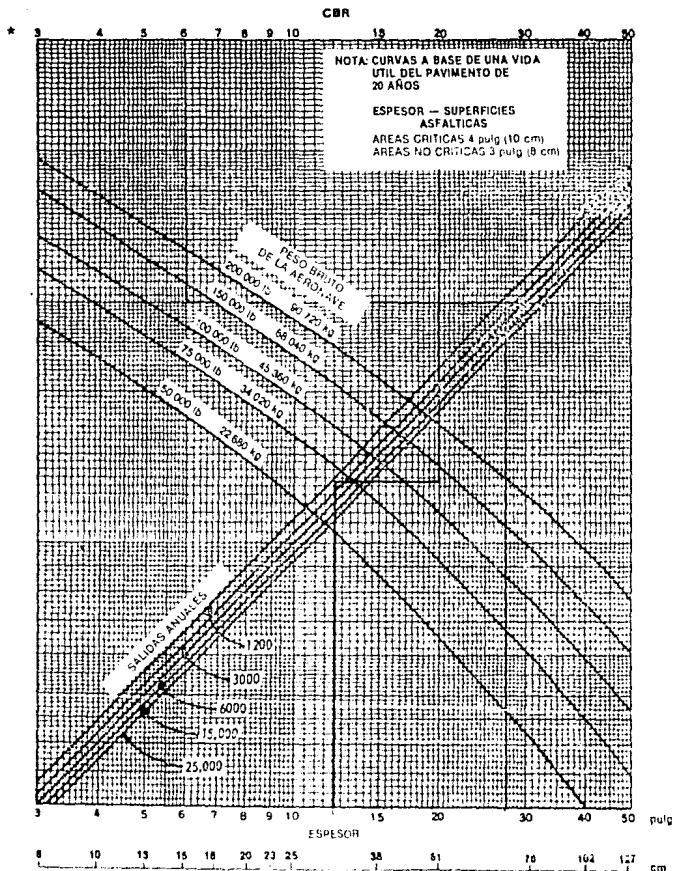


Diseño de Pavimento para 727

Figura 6.9

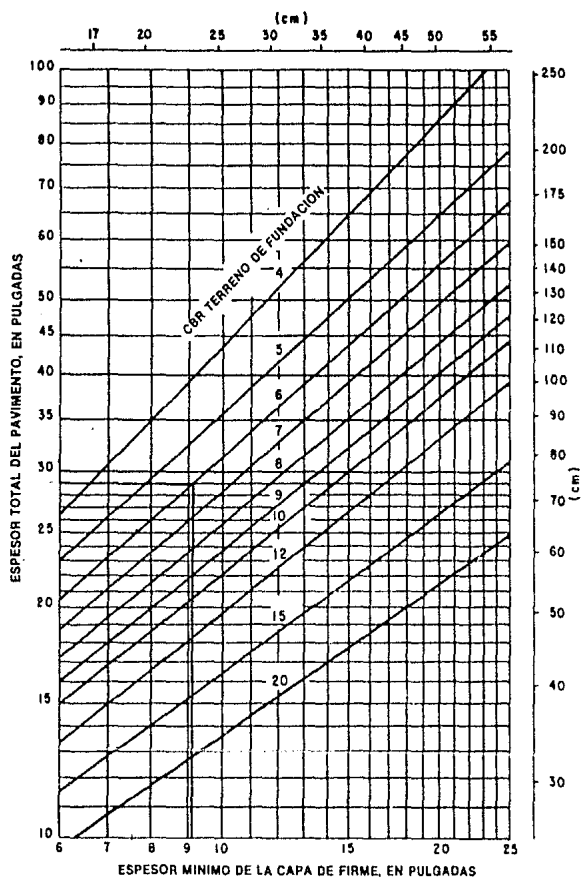
Usando los factores de bases y sub-bases estabilizadas para la capa de firme asfáltico

Sub-Base	1.5
Base	1.2



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

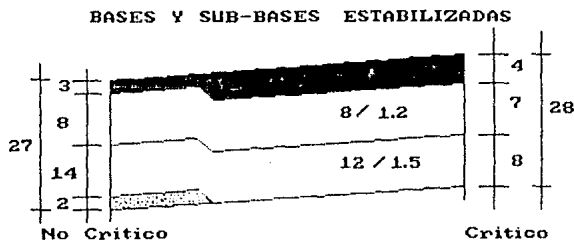
Gráfica 6.1



Requisitos mínimos de espesor de la capa de firme

Gráfica 5.2

El diseño final para este caso sera el mostrado en la figura 6.10.



**Diseño de Pavimentos para 727**  
**Figura 6.10**

El pavimento original nos marca un espesor de 28 pul en zona crítica, comparándolo con el pavimento obtenido con las bases y sub-bases estabilizadas será de un espesor de 19 pul, por lo que se justifica el uso de estas.

Por último realizaremos el diseño del pavimento para el DC-10 version 30.

Obteniendo el número de operaciones por medio de la tabla 6.7

AERONAVE	TIPO DE TREN	SALIDAS ANUALES PREVIAS	PESO MAXIMO DESPEGUE	
			Lb	Kg
DC -10 - 30	Doble tandem	1,200	262222	136200

Tabla 6.8

- \* Se tomaron 1,200 operaciones por ser la mínima cantidad expresada en la gráfica.
- \* La carga de las aeronaves de fuselaje ancho para el cálculo de pavimentos.

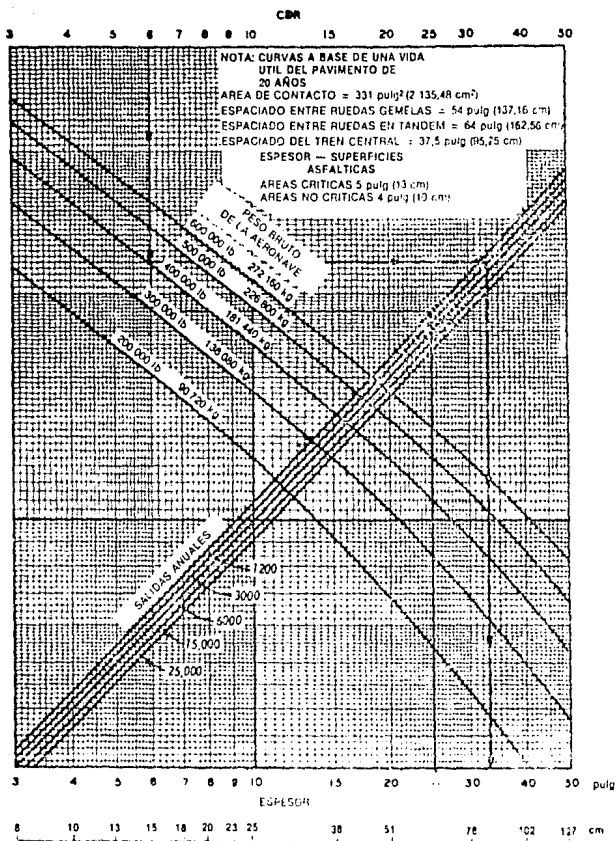
Tomando los mismos valores de CBR que los demás casos:

Subrasante	6
Sub-base	20
Base	> 80

Al igual que el 727-200 por el peso del avión utilizaremos bases y sub-bases estabilizadas.

Para el caso del espesor de pavimento requerido utilizaremos la gráfica 6.3, diseñada por la FAA para este avión en especial. Con lo que obtendremos los siguientes espesores:

Espesor total del pavimento	25.0 pul (63.5 cm)
Espesor sub-base	9.6 pul (24.3 cm)
Espesor de base	10.4 pul (26.3 cm)
Espesor de carpeta	5.0 pul (13.0 cm)



Curvas de cálculo de pavimentos flexibles  
para áreas críticas, de 10-30, 40, 400

Gráfica 6.5

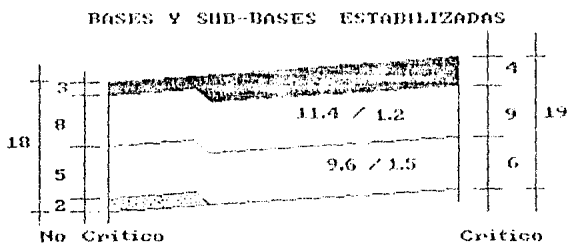
Obteniendo el espesor mínimo de base con la gráfica 6.2, siendo este de 7.5 pul (19 cm). Como fue mayor el obtenido en el primer cálculo utilizaremos éste.

Utilizando factores de base y sub-base estabilizadas, mismas para el cálculo anterior.

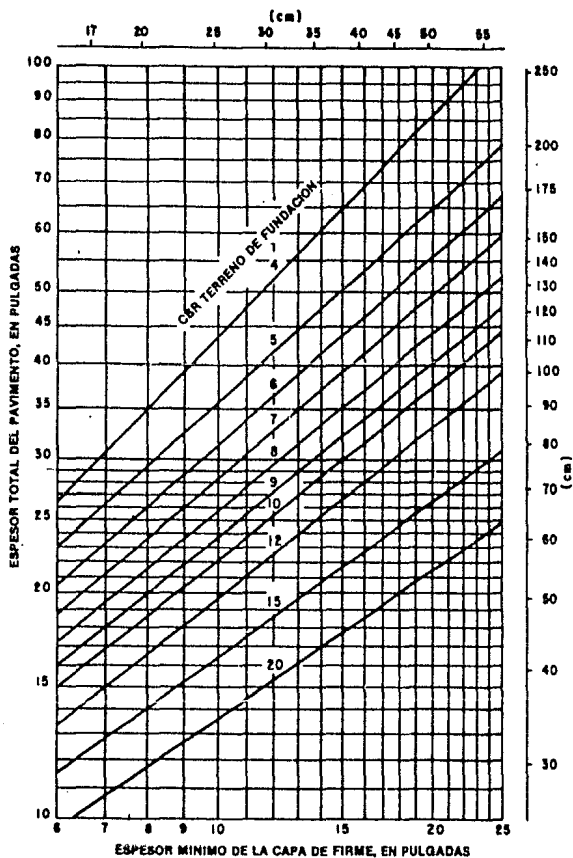
Sub-base	1.5
Base	1.2

Como se puede observar, tendremos una reducción de espesor con el uso de bases y sub-bases estabilizadas bastante significativa por lo que sí se, justificará el uso de estas.

El diseño del pavimento será el mostrado en la figura 6.11







Requisitos mínimos de espesor de la capa de firme

Gráfica 6.2

## 6.2) CAMINO DE ACCESO AL AEROPUERTO.

En la construcción de obras como los aeropuertos existe la necesidad de poder contar con una infraestructura de apoyo, como lo son las obras para el suministro de luz, agua, drenaje. Estas son necesarias para el buen funcionamiento de la terminal aérea.

Todas estas necesidades se complementan con la construcción del camino de acceso, que sea adecuado para el constante flujo de pasajeros, carga, visitantes y personal que opere el aeropuerto.

Este camino será fundamental para lograr que el viaje del pasajero o de la carga a transportar sea lo más rápida posible, ya que consideramos el tiempo efectivo de tiempo de viaje entre dos puntos al mostrado en la figura 6.15.

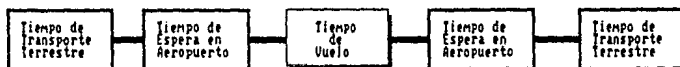


Diagrama de Tiempos para un Viaje

Figura 6.15

Tendremos en cuenta que el viaje comienza ya sea desde una oficina, casa, hotel o almacén en el caso de ser mercancía, pasando por el tiempo de la transportación terrestre. También se deberá de tener en cuenta el tiempo de espera en el aeropuerto, donde se realiza la documentación del pasajero, el paso por los distintos filtros de seguridad y el tiempo de espera en la sala final de abordaje.

Siendo el siguiente paso del viaje el tiempo de vuelo entre los dos puntos. Se considera también en el tiempo de llegada al aeropuerto, el tiempo utilizado en las maniobras de estacionamiento en plataforma, descarga de la aeronave, espera de equipaje.

La parte final del viaje corresponderá al transporte terrestre entre la terminal aérea el lugar de destino ( oficinas, casa, hotel o almacén ). Tomando en cuenta este proceso, nos podemos percatar de la función vital que cumple el camino de acceso dentro de cualquier viaje.

Generalmente en la construcción de un aeropuerto nuevo, se tendrá que realizar un camino de acceso que sea lo suficientemente amplio para el paso de la maquinaria pesada de construcción. Después cuando el aeropuerto se encuentra ya funcionando será necesario que el camino cuente con la suficiente capacidad para el tránsito de esperado.

En el caso del aeropuerto de la Ciudad de Cuernavaca, para su acceso, se cuenta con la carretera Federal No. 95 que comunica a la Ciudad de Cuernavaca con la Ciudad de Iguala. Este camino es angosto, de doble circulación y con tráfico, el cual está compuesto en su mayoría de camiones de transporte de carga federal, convirtiendo el camino lento y peligroso.

La conexión entre la carretera Federal y el aeropuerto se realiza a través de un camino angosto que atraviesa por varias barrancas, siendo este un camino de baja velocidad. en la fotografía 6.1 se muestra parte del camino.

Considerando la topografía del lugar, que es muy accidentada, ya que se requiere cruzar varias barrancas, así como el poco tránsito que existe en el camino lo consideraremos como propio para las necesidades presentes del aeropuerto.



Camino de Acceso al Aeropuerto

Fotografía 6.1

### 6.3) EVALUACION FINANCIERA

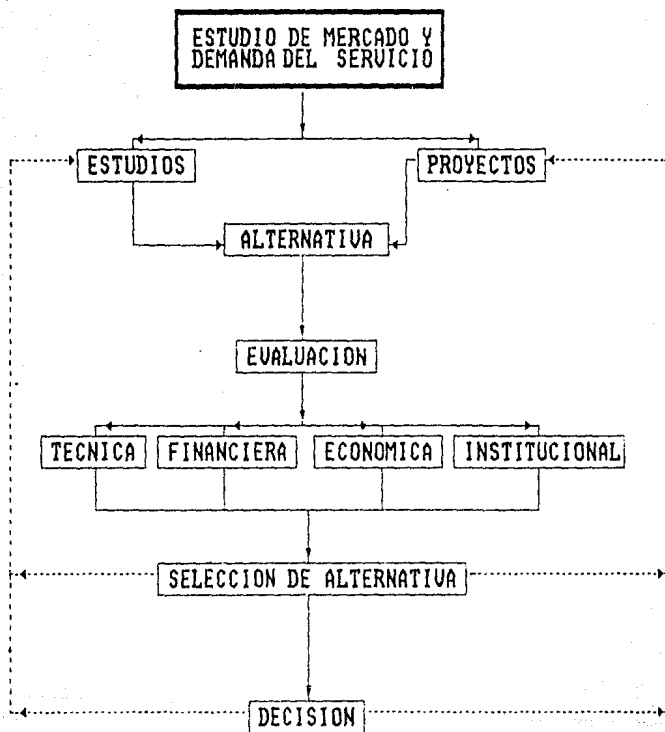
Para que un proyecto de infraestructura aeroportuaria pueda ser ejecutado físicamente, deberá de haber pasado explícita o implícitamente por diferentes fases o etapas de preparación, ya que cada proyecto es diferente, tanto en sus características físicas como por su complejidad y objetivos.

Por evaluación entendemos al proceso por el cual se pueden definir y determinar las principales características físicas, económicas, financieras y sociales, con las cuales se debe tomar la decisión de aceptar o rechazar la realización de los proyectos en estudio.

Toda evaluación abarcará cuatro aspectos principales de proyecto siendo estos los técnicos, financieros, económicos e institucionales. La intervención de cada aspecto será mostrada en la figura 6.10, así como su participación en el análisis de cualquier proyecto aeroportuario.

#### 6.3.1) ASPECTOS TECNICOS

Para asegurar que un proyecto se encuentra correctamente planificado, en cuanto a diseño técnico, se deberá evaluar conforme a las normas establecidas por las organizaciones nacionales e internacionales, revisando las soluciones consideradas así como los resultados esperados. Dicha evaluación técnica se ocupará en cuestiones de dimensión, diseño y ubicación de las instalaciones, así como la tecnología que se va a emplear, incluyendo equipo, procedimientos constructivos y el grado en que se amoldan las condiciones locales para la ejecución del proyecto. En esta evaluación se deducirá la relación y la ponderación de ventajas entre mayores costos iniciales de construcción y menores gastos ordinarios de mantenimiento, y entre los métodos de construcción tradicionales o recientes con mayor o menor intensidad de mano de obra.



ETAPAS DE ANALISIS DEL PROYECTO

Figura 6.16

Se analizará también el posible impacto del proyecto en el medio humano y físico, al fin de asegurarse de que cualquier efecto adverso quedará controlado o se reducirá al mínimo.

### 6.3.2) ASPECTOS FINANCIEROS

Durante la preparación de un proyecto, implícitamente se van realizando evaluaciones parciales, ya que los organismos que autorizan los fondos para su ejecución exigen conocer el nivel de utilidad o rentabilidad específica de los proyectos, aún cuando se trate de proyectos del sector público, en cuyo caso se hace necesario cuantificar los beneficios que aportará su realización y su funcionamiento.

La evaluación financiera es el estudio de los flujos de todos los ingresos y egresos ( también llamados entradas y salidas ) asociados a cada proyecto alternativo en que se incurrirá si se realiza buscando como finalidad la recuperación de la inversión monetaria. El objetivo de un estudio de esta naturaleza es el determinar todos los ingresos y egresos del organismo que administrará esta infraestructura.

Dado que el objetivo de éste tipo de estudios es el analizar el flujo de ingresos y egresos, es requisito base para lograr una evaluación completa, identificar con claridad todos los elementos participantes de dicho flujo ( toda fuente de ingresos, costos de inversión, costos de operación y desmantelamiento al final de la vida útil del proyecto ) y seleccionar con anterioridad al inicio del proceso de evaluación los parámetros de control, que servirán de base para la aceptación o rechazo de un proyecto específico.

### 6.3.3) ASPECTOS ECONOMICOS

Todo proyecto suele tener repercusiones tanto en la región en la que se va a realizar, como a nivel nacional, la evaluación deberá de poder cuantificar en la medida de lo posible, las repercusiones, ya sean directas o indirectas, tomando en cuenta los lineamientos generales de políticas económicas, como de desarrollo, ya sea a nivel nacional, estatal o regional.

Los gastos que se realizan en la región a causa del proyecto, generan, a su vez, ingresos para otras identidades económicas, que también realizan gastos; todo esto crea la necesidad de elevar la producción, lo que se convierte en incentivo para otros proyectos de inversión. Este continuo proceso de repercusiones contribuye al crecimiento de la economía nacional, lo cual conduce al mejoramiento del nivel de vida de la población.

Debido a la importancia de los proyectos se requiere, si la técnica lo permite, que los mismos se sometan a un análisis detallado de sus costos y beneficios para el país, ya que existen ocasiones que es difícil poder valorar en términos de los objetivos de desarrollo del país. Un problema común es el de tratar de expresar todos los costos y beneficios en términos monetarios, para poder hacer congruente su comparación con las cifras obtenidas mediante la evaluación financiera.

### 6.3.4) ASPECTOS INSTITUCIONALES

El término de "Aspectos Institucionales" lo entenderemos como la transferencia de recursos financieros y la construcción de instalaciones físicas, para la creación a la larga de una "institución" local sólida y viable, la cual se desarrollará en su organización, administración, personas, políticas y procedimientos.



En la evaluación institucional se plantean multitud de preguntas tales como si la entidad esta organizada adecuadamente y si su administración es apropiada para la tarea que deberá cumplir, si se aprovecha de manera efectiva la capacidad y la iniciativa local, para poder lograr los objetivos del proyecto.

De todos los aspectos de un proyecto, el desarrollo institucional es quizá el más difícil de abordar, en parte porque el éxito depende en gran medida de que se comprenda el medio cultural.

### 6.3.5) EVALUACION FINANCIERA Y ECONOMICA

Siendo que un aeropuerto es una obra pública que de manera significativa influye tanto en los hábitos de traslado de los usuarios como el de los habitantes de las comunidades a los cuales va a dar servicio, y sabiendo que en México, es el Gobierno Federal el encargado de planificar, construir, administrar y conservar este tipo de instalaciones, se requerirá obtener la aprobación para un proyecto de esta naturaleza, se tendrá que realizar un análisis de los aspectos técnicos y financieros (análisis suficiente para proyectos a cargo de la iniciativa privada), que se tenga que revisar las consecuencias que pueda tener el proyecto sobre el comportamiento socio-económico de una región en particular y del país en general. En México participan diversas organizaciones paraestatales, encargadas de la administración conservación y operación de los aeropuertos: al hablar del operador se refiere al conjunto de organismos tales como:

- Aeropuertos y Servicios Auxiliares ( ASA )
- Dirección General de Aeronáutica Civil ( DGAC )
- Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano ( SENEAM )

Para determinar los conceptos ( ingresos y egresos ), deberá tenerse en cuenta el comportamiento de la demanda del servicio de pasajeros, operaciones, carga y demás conceptos para satisfacer la demanda de manera eficiente y segura.

#### 6.3.5.1) INGRESOS

El primer paso para comenzar éste tipo de análisis es la cuantificación de financiera de los ingresos. Para poder estimar los ingresos que se deberán de obtener debido a la operación de un aeropuerto, es la necesidad de identificar todas la fuentes de ingresos como son:

- Servicios aeroportuarios por aterrizaje: Para poder conocer los ingresos por éste concepto se requiere conocer el número de operaciones anuales ( aterrizajes ) que se espera llevar a cabo, año por año hasta cubrir el período que abarca el horizonte de planeación.

- Servicios auxiliares ( o de rampa ): Se considera a este rubro a todo los servicios que se le prestan a la aeronave en plataforma, teniéndose en cuenta el número de operaciones anuales, siendo los servicios que se proporcionan:

- \_ Pasillo telescópico, sala móvil aerocar, suministro de agua potable y desecho de aguas negras.
- \_ Uso de bandas para equipaje.
- \_ Servicios a aeronaves que pagan a través de combustible.
- \_ Abastecimiento o succión de combustible.
- \_ Revisión de pasajeros y su equipaje de mano.

- Venta directa de combustible: Para cuantificar este ingreso será necesario el poder determinar la cantidad de combustible que requiere cada tipo de avión para llevar a cabo su recorrido, debe tomarse en cuenta si se trata de un vuelo nacional o internacional, ya que de esto dependerá de la cuota a cobrar.

- Ingresos por derecho y uso de aeropuertos: Para este concepto se requiere conocer el movimiento anual de pasajeros, comerciales nacionales, separados de los pasajeros internacionales, ya que para cada tipo de pasajeros varia la cuota establecida.

- Ingresos por recuperación de terrenos: En el caso de un aeropuerto no cuente con las áreas para hacer las ampliaciones requeridas, se debe localizar un nuevo sitio y abandonar las antiguas instalaciones, generando un ingreso positivo a la cuenta del Balance Financiero. Refiriendonos en especial a la venta de terrenos para el desarrollo de una actividad distinta a la de la aeronáutica.

- Ingresos por alquiler de terrenos para hangares y concesiones comerciales: El ingreso por alquiler de terrenos dependerá del tamaño, ubicación y tipo de aeropuerto de que se trate ya sea turístico, comercial, regional o fronterizo. Respecto a concesiones comerciales como las siguientes: renta de autos, estacionamientos, bancos, restaurantes, librerías, etc.

#### 5.3.5.2) EGRESOS

Se denominarán egresos a aquellos gastos en que incurre el operador para poder ofrecer los servicios propios del aeropuerto; de acuerdo a lo anterior se pueden calificar de la siguiente manera:

Egresos por operación :En esta parte podremos incluir a todos los equipos y bienes que se requieren para la operación del aeropuerto, incluyendo servicios personales, mantenimiento, conservación y gastos de administración.

Para determinar el monto por éste concepto que se debe erogar, Aeropuertos y Servicios Auxiliares ha realizado un modelo matemático que permite relacionar todas la variables participantes en la operación de un aeropuerto. Este modelo permite conocer de alguna manera los egresos de operación de un aeropuerto en cada año del horizonte propuesto. Este modelo matemático es el siguiente:

$$EGR = 1.39 \left[ e^{12.6591} (OP COM)^{0.0933} (OP AG)^{0.0044} (PAX CO)^{0.239} \right] \quad (1)$$

En donde

- ERG son los egresos.
- e es una constante igual a 2.71832.
- OP COM es el número de operaciones de aviación comercial ( nacional y comercial ).
- OP AG es el número de operaciones anuales de aviación general y comercial regional.
- FAX COM es el número de pasajeros anuales de aviación comercial ( nacional, internacional y tercer nivel ).

El resultado de este modelo está expresado en pesos de 1981 y la correlación presenta un error medio de 20 por ciento en 30 por ciento de los casos.

(1) Expresión obtenida de los Apuntes de Ingeniería de Aeropuertos, Módulo Planificación. SCT, DGR.

\_ Egresos por inversion : Dentro de los egresos que se deben contabilizar son los costos por inversión que se refieren a las erogaciones que se efectúan por concepto de la ejecución físicas de trabajos. Para obtener el costo total de la inversión, se debe conocer las instalaciones o áreas requeridas en función de éstas se procede a un cálculo de cantidades de obra; obteniendo costos parciales por cada tipo de obra hasta obtener el importe total de los trabajos, y se integran a un costo total o importe del proyecto.

Las instalaciones mínimas para considerar en esta contabilidad:

- Pista
- Un rodaje
- Una plataforma
- Una torre de control
- Camino de acceso
- Un edificio terminal
- Zona de combustibles
- Ayudas visuales (cono de vientos, señalamientos, etc )
- Cercado del aeropuerto
- Obras complementarias ( agua, luz, drenaje e instalaciones )

#### 6.3.6) EVALUACION ECONOMICA

Teniendo en cuenta los resultados del análisis financiero se procederá a la evaluación económica de un proyecto, ya que con esto se determinarán los parámetros e indicadores que ayudaran en la toma de decisiones en cuanto a la aprobación o rechazo del proyecto.

Esta parte se encargará principalmente de poder cuantificar o apreciar los beneficios socio-económicos, que el proyecto redituará tanto en la generación de empleos tanto permanentes como eventuales y de esta manera el poder contabilizar la aportación al PIB ( Producto Interno Bruto ) tanto regional como nacional, y determinar la relación beneficio-costos.

### 6.3.7) ANALISIS FINANCIERO DEL AEROPUERTO DE CUERNAVACA.

El análisis económico del aeropuerto tendrá que tener ciertas consideraciones, como el tipo de aeropuerto que se proyecte, en el caso de un regional, se considerará como un aeropuerto en cual se manejarán de preferencia carga de tipo agrícola e industrial. El horizonte de planeación para este análisis será de 15 años, comprendiendo desde el año de 1988 hasta el año 2000, en los cuales contabilizaremos los ingresos y egresos con lo que podremos obtener parámetros que justifiquen la factibilidad financiera del proyecto. Se tomara en cuenta las erogaciones que realiza el organismo administrador, así como también deberemos de tener en cuenta las realizadas por la Federación para la ejecución de obras contempladas en el proyecto.

Para el análisis se consideran como los aviones críticos al Fokker 27 y el ATR-42, ya que en el horizonte de planeación serán los aviones a utilizar. Después de este año se espera que se lleven a cabo operaciones con aviones turboreactores tales como MD-80 o 727-200.

Se consideraron para el presente análisis algunas rutas probables para operar por la aviación regional nacional, siendo estas las de mayor demanda como; Cuernavaca-Guadalajara, Cuernavaca-Monterrey y Cuernavaca-Acapulco.

ELEMENTO	DIMENSIONES	CAPACIDAD	COSTO (MILLONES DE PELOS)
Zona Aeroporticia			
Pista 02-20	3,000 m x 11 m	15 aviones	12,400,000
Calle de Rodaje	90 m x 27 m		145,000
Zona Terminal			
Plataforma de Aviación Comercial General	11,400 m x 2	2 Boeing 747 12 Antonovs	600,000
Edificio Terminal	100 m x 2	27 pasajeros	450,000
Estaciones Aéreo	2,150 m x 2	90 pasajeros	141,979
Instalaciones de apoyo			
Cama de Desembarque	1,500 m x 2	20 aviones	67,592
Torre de Control	10 m x 2		150,000
C.R.E.I	200 m x 2		5,000
Camina de Acceso	5 m x 2		117,000
Academia Clásica			10,000
Academia Telefónica			213,000
Casa Individual			70,000
Radio-audio	100 m x 2		100,000
Plan D.I			299,000
Torre de Control (Reserva)			1,000,000
TOTAL	7,000 m x 11 m		2,200,000

\* Todos los datos son estimados basados en el Plan de 1960.

TABLE 6.8

Con estas rutas definidas se determinó que la distancia media por recorrer la aviación regional es de 278 millas náuticas, ya que con esta distancia se estimó el consumo promedio de combustible por operación y a su vez la ganancia que se obtendrán por su venta directa a las aeronaves en el aeropuerto.

También tendremos en cuenta que todos los pasajeros y las operaciones serán del resto de los destinos hacia Ciudad de Cuernavaca , Despreciando los despegues debido a que la información obtenida no especifica el tipo de operación efectuada.

Una de las partes más importantes para este estudio, es la erogación por la construcción del aeropuerto, teniendo en el caso del aeropuerto de la Ciudad de Cuernavaca los gastos mostrados en la tabla 6.8 de la siguiente página. Cabe mencionar que estos costos fueron tomados del estudio realizado por la D.G.A en el documento de "Análisis de Factibilidad del Aeropuerto de Cuernavaca".

La información anterior se encuentra contabilizada en pesos de Agosto de 1989.

El análisis de los ingresos y egresos en cada período de estudio se muestran en la parte siguiente. El primer calculo lo realizaremos conforme a los pronosticos de demanda que se tienen en el capítulo 3, el segundo lo realizaremos utilizando los valores estadísticos obtenidos durante el año de 1988.



6.3.7.1) CALCULO DE INGRESOS Y EGRESOS UTILIZADO LOS PRONOSTICOS DE DEMANDA

6.3.7.1.1) INGRESOS Y EGRESOS PARA EL AÑO DE 1988

INGRESOS

Estas cuotas de servicios que se presentan a continuación fueron tomadas de la Publicación de Información Aeronáutica (PIA), con fecha de 29 de Junio de 1989.

Las cuotas que se presentan a continuación son aplicables únicamente para vuelos nacionales.

_ Servicios Aeroportuarios por aterrizaje.	
Factor de cobro por tonelada o fracción.....	2,920.00
_ Servicio de estacionamiento de plataforma de embarque y desembarque.	
Por tonelada o fracción.....	2,010.00
_ Servicio de revisión de pasajeros y su equipaje de mano.	
Por pasajero.....	600.00
_ Servicio de abastecimiento o succión de combustible.	
Por litro de combustible servido o succionado.....	20.00
_ Tarifas de combustibles.	
Gasavión 80.....	680.9900
Gasavión 100.....	732.2528
Turbosina .....	518.0000

Los pronósticos de operaciones para este año serán:

Operaciones Comerciales	3,751
Operaciones A. General	5,626
	-----
Total de operaciones	9,377

## Cálculos de los diferentes ingresos:

### 1) Servicios Aeroportuarios por aterrizaje

Calculando el peso promedio de aterrizajes entre los 2 aviones considerados, se tendrá un peso promedio de 17.051 ton.

Con lo que :  $17.051 \text{ ton} \times \$ 2,920 = \$ 49,788.00$

### 2) Cuota por servicio de estacionamiento de plataforma de embarque y desembarque de pasajeros.

La tarifa se aplicará por cada hora o fracción, considerando que las aeronaves se estacionarán una hora como máximo de tiempo para realizar las actividades de plataforma.

Con un peso máximo promedio en plataforma de 19.051 ton.

Con lo que :  $19.051 \text{ ton} \times \$ 2,010.00 = \$ 38,292.00$

### 3) Precio por litro de combustible

Este concepto está dado por la cantidad de combustible a proporcionar a cada aeronave, para este caso se ha considerado la cantidad de 750 lts de turbosina por operación comercial.

Con lo que :  $750 \text{ lts} \times \$ 518.00 = \$ 388,500.00$

### 4) Cuota por abastecimiento o succión de combustible

Para el análisis consideraremos solo el abastecimiento de combustible.

Con lo que :  $750 \text{ lts} \times \$ 20.00 = \$ 15,000.00$

Sub total para vuelos comerciales :    \$ 491,580.00

5) Servicio de revisión de pasajeros y equipaje de mano

Para éste concepto tendremos que tomar en cuenta el número de pasajeros pronosticados para el año en estudio. Esta cifra es tomada de los pronósticos de demanda, que están contenidos en el capítulo 3. Para el año de 1988 tendremos un pronóstico de 56,900 pasajeros.

Con lo que :  $56,900 \text{ pas.} \times \$ 600.00 = \$ 34'140,000.00$

Considerando que en cada operación comercial se tiene un ingreso de 491,580.00 pesos en el año de 1988, sumando el ingreso por revisión de equipaje de pasajeros tendremos:

Ingreso por operaciones Comerciales :

$\$ 491,580.00 \text{ por operación} \times 3,751 \text{ operaciones} = \$ 1,842'920,031.00$

Ingreso por revision de pasajeros =  $34'140,000.00$

Total de Ingresos por vuelos comerciales =  $\$ 1,878'060,031.00$

6) Servicios Aeroportuarios que se pagan a través del combustible a aeronaves hasta 10,000 l.g.

Tomando en cuenta que todas las operaciones de aviación general entran dentro de este concepto, se considerara que cada aeronave cargara un promedio de 170 lts de combustible tendremos

\_ Ingreso por tarifa combustible servido

$170 \text{ lts} \times \$ 30.00 = \$ 5,100.00$

\_ Ingreso por costo de combustible ( Gasavión 100 )

$170 \text{ lts} \times \$ 732.2528 = \$ 124,482$

Con lo que tendremos un costo de 129,582 pesos por operación de aviación general. Para éste año se han pronosticado un número de 5,626 operaciones, por lo que tendremos :

Total de Ingresos por Aviación General =  $\$ 729'028,332.00$

El total de los ingresos para el año de 1988 será la suma de lo obtenido por la aviación comercial, mas la aviación general.

Operación de Aviación Comercial.....\$ 1,878,060,031.00  
 Operación de Aviación General.....\$ 729'028,363.00

TOTAL DE INGRESOS PARA 1988 2,607,088,360.00

EGRESOS

Para el caso de los egresos se calcularán con el modelo matemático mencionado en la sección anterior.

$$EGR = 1.39 \left[ e^{12.0591} Op.Com^{0.0093} Op.Ag^{0.0334} Pax Co^{0.289} \right]$$

Donde:

$$e = 2.71832$$

Op.Com = 1 ( Este valor se refiere al número de operaciones de la aviación comercial troncal, en este caso se le dió el valor de 1 para que el modelo no sea nulo.

Op.Ag = 5,626 operaciones.

Pax Co = 4,089 operaciones.

Con lo que:

$$EGR_{1988} = 1.39 \left[ (2.71832)^{12.0591} (1)^{0.0093} (5626)^{0.0334} (4089)^{0.239} \right]$$

$$EGR_{1988} = 4'208,208.565$$

Como se mencionó anteriormente éste valor tiene un 20% de variación en el 80% por lo que haremos una reducción del 20% al resultado: 4'208,208.565 - 20% = 3'366,567.172

Este valor se encuentra expresado en pesos de 1981, con lo que transformándolos a pesos de 1989 tendremos la cantidad de:

Egresos por operación = 2,004'840,215.00

En este año también se realizaron los gastos por construcción de obras, como las de franjas de pista e iluminación, con un costo de 3,000'000,000.00.

Con lo que el total de las erogaciones en este año, será la suma de los gastos por operación y los de las obras realizadas, así es que las erogaciones serán:

E. Operación =.....	\$ 2,004'840,215
E. Obras =.....	\$ 3,000'000,000
	-----
TOTAL DE EGRESOS PARA 1989	\$ 5,004'840,215

#### 6.3.7.1.2) INGRESOS Y EGRESOS PARA EL AÑO DE 1990

Para este año se tiene un pronóstico de operaciones de :

Operaciones Comerciales	4,994
Operaciones A. General	7,489
	-----
Total de Operaciones	12,483

Para el cálculo de los ingresos y egresos lo realizaremos de manera similar que el de 1988 por lo que se omitirán algunas de las operaciones.

## INGRESOS

Los cuatro primeros conceptos los consideraremos iguales a los calculados para 1988.

- 1) Servicios Aeroportuarios por aterrizaje.
- 2) Cuota por servicio de estacionamiento en plataforma de embarque y desembarque de pasajeros.
- 3) Precio por litro de combustible.
- 4) Cuota por abastecimiento o succion de combustible.

Sub total para vuelos comerciales : \$ 491,580.00

- 5) Servicio de revisión de pasajeros y equipaje de mano  
Tomando en cuenta los pronósticos de pasajeros para 1990 que es de 73,290 tendremos

$$73,290 \text{ pasajeros} \times \$600.00 = 43,974,000.00$$

Ingreso por Operaciones Comerciales :

$$\$ 491,580.00 \text{ por cada operación} \times 4,974 \text{ operaciones} = \$ 2,454,955,114$$

$$\text{Ingreso por revisión de pasajeros} = 43,974,000$$

Total de Ingresos por vuelos comerciales = \$ 2,498,929,114

- 6) Servicios Aeroportuarios que se pagan a través del combustible a aeronaves hasta 10,000 kg.  
Para este calculo realizaremos las mismas consideraciones que en el caso anterior, por lo que tendremos:

$$\$ 129,582 \times 7,469 \text{ operaciones} = \$ 970,439,590$$

Total de Ingresos por Aviación General = \$ 970,439,590

El total de los ingresos para el año de 1990 será la suma de lo obtenido por la aviación comercial y la aviación general.

Operación de Aviación Comercial.....\$ 2,498'929,114

Operación de Aviación General.....\$ 970'439,598

TOTAL DE INGRESOS PARA 1990 \$ 3,469'386,712

EGRESOS

El cálculo de los egresos lo realizaremos de manera similar con el efectuado en 1988.

$$EGR = 1.39 \left[ (2.718832)^{12.0591} (1)^{0.0999} (7489)^{0.0944} (4994)^{0.239} \right]$$

$$EGR_{1988} = 4'550,704.742$$

Variación de 20%

$$4'550,704.742 - 20\% = 3'640,563.793$$

Transformando a pesos de 1989

$$EGR_{1989} = 2,168'009,229.00$$

TOTAL DE EGRESOS PARA 1990 \$ 2,168'009,229.00

6.3.7.1.3) INGRESOS Y EGRESOS PARA EL AÑO 2000

Para éste año se tendrá el pronóstico de operaciones sera :

Operaciones Comerciales 10,849

Operaciones A. General 7,234

-----  
18,083

Para el cálculo de los ingresos y egresos lo realizaremos de manera similar que el de 1988 por lo que se omitirán algunas de las operaciones.

### INGRESOS

Los cuatro primeros conceptos los consideramos igual a los calculados para 1988.

- 1) Servicios Aeroportuarios por aterrizaje.
- 2) Cuota por servicio de estacionamiento en plataforma de embarque y desembarque de pasajeros.
- 3) Precio por litro de combustible.
- 4) Cuota por abastecimiento o succión de combustible.

Sub total para vuelos comerciales :      \$ 491,580.00

- 5) Servicio de revisión de pasajeros y equipaje de mano.  
Tomando en cuenta los pronósticos de pasajeros para el año 2000 que es de 123,114

$$123,114 \times \$600.00 = 73,868,400.00$$

Ingreso por Operaciones Comerciales :

$$\$491,580.00 \text{ por cada operación} \times 10,849 \text{ operaciones} = \$5,333,151.40$$

$$\text{Ingreso por revisión de pasjeros} = \quad \quad \quad 73,868,400$$

Total de ingresos por vuelos comerciales      = \$ 5,407,019,820

- 6) Servicios Aeroportuarios que se pagan a través del combustible a aeronaves hasta 10,000 Kg.

Teniendo en cuenta las mismas condiciones que en los casos anteriores :

$$\$ 129,582 \times 7,134 \text{ operaciones} = \$ 937,396,118$$

Total de Ingresos por Aviación General = \$ 937,396,118



El total de los ingresos para el año 2000 será la suma de lo obtenido por la aviación comercial y la aviación general.

Operación de Aviación Comercial.....	\$ 5,407'019,820
Operación de Aviación General.....	\$ 937,396,188
	-----
TOTAL DE INGRESOS PARA 2000	\$ 6,344'416,008

#### EGRESOS

El cálculo de los egresos lo realizaremos de manera similar con el efectuado en 1988.

$$\text{EGR} = 1.39 \left[ (2.7188832)^{12.0591} (1)^{0.0933} (7489)^{0.0944} (4994)^{0.230} \right]$$

$$\text{EGR}_{1988} = 5'471,293.837$$

Variación de 20%

$$5'471,293.837 - 4'377035.069$$

Transformando a pesos de 1989

$$\text{EGR}_{1989} = 2,606'588,695$$

TOTAL DE EGRESOS PARA 2000	\$ 2,606'588,695
----------------------------	------------------

#### 6.3.7.2) CALCULO DE TASA INTERNA DE RETORNO PARA EL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA CON DATOS DE PRONOSTICOS.

La tasa interna de retorno es un método ampliamente aceptado para el poder evaluar un proyecto de inversión. En términos económicos la tasa interna de retorno representa el porcentaje o la tasa de interés que no se gana sobre el saldo no recuperado de la inversión, de tal manera que el saldo al final de la vida de la propuesta sea cero. El saldo no recuperado de la inversión en cualquier punto del tiempo de la vida del proyecto, puede ser visto como la porción de la inversión original que aún permanece sin recuperar en ese tiempo.

Para el caso de este método de evaluación de proyectos, es necesario calcular la tasa de interés ( $i$ ) que satisface la ecuación (2)

$$\sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} = 0 \quad (2)$$

Donde :

$S_t$  = Flujo de efectivo neto del período  $t$ .

$n$  = Vida de la propuesta de la inversión.

Para este caso los valores de  $i$  podrán estar comprendidos entre el intervalo  $-\infty \leq i \leq \infty$ , considerando que un proyecto al tener una tasa interna de retorno menor a  $-1$  es poco probable que se lleve a cabo, ya que en una inversión es difícil que se pierda más de la cantidad que se invirtió.

Teniendo en cuenta estos criterios procederemos al cálculo de la tasa interna de retorno con el flujo de efectivo obtenido por los ingresos y egresos ya calculados con los pronósticos de demanda.

En este flujo observaremos que la inversión inicial en el aeropuerto se eleva a un monto de 20,900'013,000 de pesos, con lo que se cubrieron los gastos por construcción de la mayoría de las estructuras aeroportuarias. En el periodo siguiente se realizaron obras por 3'000,000,000 de pesos, abarcando los conceptos de franjas de pista así como la reinstalación del alumbrado de pista y el equipamiento de la torre de control.

Dentro del análisis solo se consideraron dos egresos por obras, debido a que las obras de mantenimiento se dificulta cuantificar este egreso, ya que se tiene una estrecha relación entre la calidad de la construcción y el debido mantenimiento que se le proporcione a las estructuras que forman al aeropuerto.

Por lo que dependera de las características físicas y de conservación de cada aeropuerto, los gastos a realizar, tanto en su monto como en su frecuencia. Realizando la debida programación para poder efectuar la gestoria ante las dependencias encargadas de proporcionar los recursos necesarios para la ejecución de las obras. Esta planificación también deberá de tener en cuenta la cuestión operacional del aeropuerto, por lo que se deberá de tomar la medida necesaria para afectar al mínimo el movimiento tanto en la cuestión aeronautica como dentro del aeropuerto.

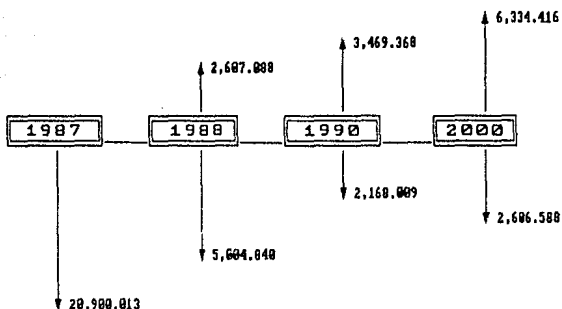
El flujo de efectivo se mostrará en la gráfica 6.4 de la página siguiente.

Una vez conocido el flujo de efectivo, se aplicará la fórmula (2), que en este caso será de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 \text{TIR} = 0 = & -20,900.013 + \frac{2,607.008}{(1+i)^1} - \frac{5,004.840}{(1+i)^1} + \frac{3,469,368}{(1+i)^2} \\
 & - \frac{2,168.009}{(1+i)^3} + \frac{6,334.416}{(1+i)^3} - \frac{2,606,588}{(1+i)^3}
 \end{aligned}$$

Realizando tanteos con la tasa de interes  $i$  obtendremos el valor que convierte ecuación en cero. Como resultado obtendremos una tasa de interna de retorno de -12.66%, esto quiere decir que no hay recuperación de la inversión realizada como se muestra en la gráfica 6.5. Revisando el flujo de efectivo, apreciamos que hasta 1990 los egresos superan a los ingresos aunque solo en una pequeña proporción.

# Flujo de Efectivo del Aeropuerto Mariano Matamoros Utilizando los Pronosticos de Demanda

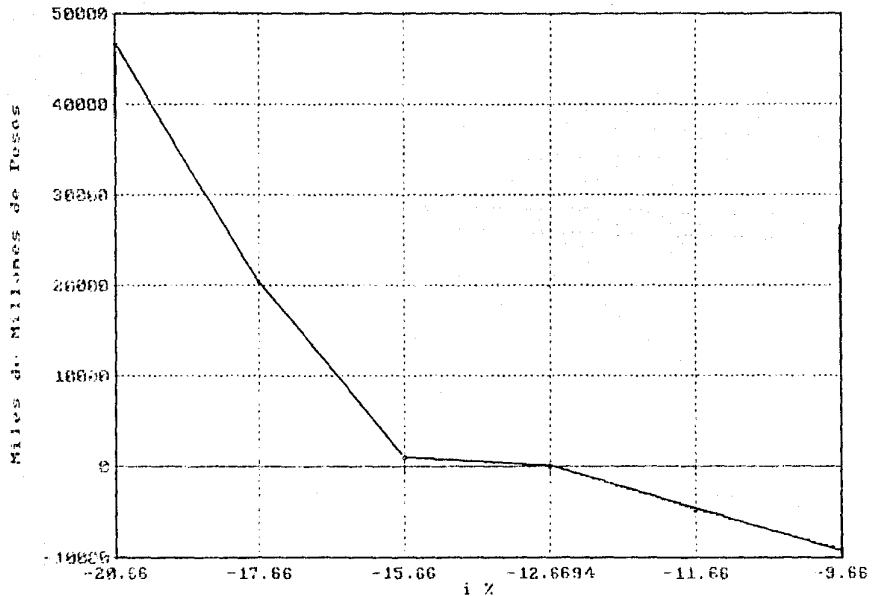


\* Cifras expresadas en miles de millones de pesos

Grafica 6.4

# TIR "PRONOSTICOS"

GRAFICA 6.5



### 6.3.7.3) CALCULO DE INGRESOS Y EGRESOS UTILIZANDO UN MODELO ESTADISTICO DE DEMANDA

El objetivo de éste estudio será el realizar el estudio financiero en base a los datos obtenidos en el primer año de operación del aeropuerto. Esto lo lograremos mediante el ajuste de los pronosticos a una recta, usando el metodo de regresión lineal. La recta a que utilizaremos para pronosticar las futuras operaciones y numero de pasajeros sera la marcada por los pronosticos, pero ajustada para esta estadística.

El método de regresión lineal se basa en el ajuste de datos hacia una recta cuya ecuación es:

$$y = a + bx \quad (3)$$

En donde las literales "a" y "b" estan dadas por:

$$b = \frac{\sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n}}{\sum X^2 - \frac{[\sum X]^2}{n}} \quad (4)$$

$$a = \left[ \frac{\sum Y}{n} - b \frac{\sum X}{n} \right] \quad (5)$$

Utilizando los datos de los pronosticos de pasajeros y sustituyendo los valores en la ec. (4) y (5) tendremos que:

$$b = 4892.32$$
$$a = -9667074.51$$

Estos valores los sustituimos "a" y "b" de la ecuación (3), con lo que obtendremos la ecuación de la recta

$$y = -9667074.51 + 4892.32 x$$

Una vez conocida la recta que nos representa en cierta manera la tendencia de los valores pronosticados, encontraremos la recta paralela que nos represente el comportamiento de tráfico mediante las estadísticas. Los datos estadísticos para el año de 1988 fueron proporcionados por las autoridades del aeropuerto, siendo estos los mostrados a continuación :

Operaciones de A.General y Comercial.....	5,760
Pasajeros.....	4,089

Con lo que la recta de datos estadísticos estará dada por :

$$y = 4089 + 4892.32 x$$

Teniendo la ecuación obtendremos los datos del tráfico en los años de estudio, esto lo realizaremos sustituyendo el año en el valor de x. Es así como llegamos a los valores del tráfico a futuro para pasajeros.

$$y_{1988} = 4089 + 4892.32 (0) = 4089 \text{ pasajeros}$$

$$y_{1990} = 4089 + 4892.30 (2) = 18,765 \text{ pasajeros}$$

$$y_{2000} = 4089 + 4892.30 (12) = 67,689 \text{ pasajeros}$$

Para poder realizar éste análisis también se necesitamos el poder determinar el número de operaciones previstas para el horizonte en estudio. Estos valores se determinarán de manera similar a la de los pasajeros, utilizando una recta que se ajusto con los datos de los pronosticos y se adaptó a las estadísticas obtenidas.

Estos valores son los que se presentan a continuación para las operaciones :

1988 = 5,760 operaciones  
1990 = 7,658 operaciones  
2000 = 13,985 operaciones

Una vez obtenidos estos valores procederemos al cálculo de ingresos y egresos para los años previstos.

#### 6.3.7.3.1) INGRESOS Y EGRESOS PARA EL AÑO DE 1988.

Para este año se tomaremos los valores estadísticos de operaciones, con lo que tendremos :

Operaciones Comerciales	1,728
Operaciones A. General	4,032
	-----
Total de Operaciones	5.760

Para el cálculo de los ingresos y egresos lo realizaremos de manera similar a del año de 1988 con los datos pronosticados, por lo que se omitirán algunas de las operaciones.



## INGRESOS

Los cuatros primeros conceptos los consideraremos iguales en todos los casos.

- 1) Servicios Aeroportuarios por aterrizaje
- 2) Cuota por servicio de estacionamiento en plataforma de embarque y desembarque de pasajeros.
- 3) Precio por litro de combustible
- 4) Cuota por abastecimiento o succion de combustible

Sub total para vuelos comerciales :                    \$ 491,580.00

- 5) Servicio de revisión de pasajeros y equipaje de mano  
Tomando en cuenta las estadísticas de pasajeros para 1988, que son de 4089 pasajeros tendremos:

4089 pasajeros x \$600.00 = 2'453,400.00

Ingreso por Operaciones Comerciales :

\$ 491,580.00 por operación x 1720 operaciones = \$ 849'451,829

Ingreso por revisión de pasajeros                    = \$ 2'453,400

Total de Ingresos por vuelos comerciales        = \$ 851'903,640

- 6) Servicios Aeroportuarios que se pagan a través del combustible a aeronaves hasta 10,000 kg  
Teniendo las mismas condiciones que los cálculos anteriores :

\$ 129,582 x 4,032 operaciones = \$ 522'474,624

Total de Ingresos por Aviación General = \$ 522'474,624

El total de los ingresos para el año de 1982 será la suma de lo obtenido por la aviación comercial y la aviación general.

Operación de Aviación Comercial .....\$ 851'903,640  
 Operación de Aviación General .....\$ 522'474,624

TOTAL DE INGRESOS PARA EL AÑO DE 1982 \$ 1,074'378,264

EGRESOS

El cálculo de los egresos lo realizaremos de manera similar al efectuado en los incisos anteriores.

$$EGR = 1.39 \left[ (2.710932)^{12.0501} (1)^{0.0933} (1728)^{0.0944} (4032)^{0.230} \right]$$

$$EGR_{1981} = 3'456,783.16$$

Variación de 20%

$$3'456,783.16 - 20\% = 2'765,415.520$$

Transformando a pesos de 1982

$$EGR_{1982} = 1.643'852,100.00$$

En este año también se realizaron gastos por construcción de obras, como las franjas de pista e iluminación, con un costo de \$ 3,000'000,000.00

Con lo que el total de las erogaciones para este año será la suma de los gastos por operación mas los de las obras realizadas, así es como las erogaciones serán para este año :

Erogación por Operación.....\$ 1,646'852,100  
 erogación por Obras.....\$ 3,000'000,000

TOTAL DE EGRESOS PARA EL AÑO DE 1982 \$ 4,646'852,100

### 6.3.7.3.2) INGRESOS Y EGRESOS PARA EL AÑO DE 1990

Para este año el resultado de los pronósticos calculados en base a las estadísticas será:

Operaciones Comerciales	3,063
Operaciones A. General	4,595
	-----
Total de Operaciones	7,658

#### INGRESOS

Los cuatro primeros se considerarán igual para todos los casos :

- 1) Servicios Aeroportuarios por Aterrizaje
- 2) Cuota por servicio de estacionamiento en plataforma de embarque y desembarque de pasajeros
3. Precio por litro de combustible
- 4) Cuota por abastecimiento o succión de combustible

Sub total para vuelos comerciales : \$ 491,580

- 5) Servicio de revisión de pasajeros y equipaje de mano  
Tomando en cuenta los pronósticos obtenidos en base a las estadísticas para los pasajeros tendremos que en 1990 habrá 18,765 pasajeros :

$$18,765 \text{ pasajeros} \times \$60.00 = 11'259,000.00$$

Ingresos por Operaciones Comerciales :

$$\$491,580.00 \text{ por cada operación} \times 3,603 \text{ operaciones} = \$1,771,162,740$$

$$\text{Ingreso por revisión de pasajeros} = 11'259,000$$

Total de ingresos por vuelos comerciales = \$ 1 782,421,740

6) Servicios Aeroportuarios que se pagan a través del combustible a aeronaves hasta 10,000 kg  
 Considerando las mismas características que en los casos anteriores, tendremos :

\$ 129,582 x 4,595 operaciones = \$ 595'429,290

Total de ingresos por Aviación General = \$ 595'429,290

El total de los ingresos para el año de 1990 será la suma de lo obtenido por la aviación comercial y la aviación general.

Operación de Aviación Comercial.....\$ 1,782'421,740

Operación de Aviación General.....\$ 595'429,290

TOTAL DE INGRESOS PARA EL AÑO DE 1990 \$ 2'377,851,030

EGRESOS

De manera similar como se ha venido calculando los egreso, realizaremos el cálculo para el año 1990.

$$EGR = 1.39 \left[ (2.718832)^{12.0501} (1)^{0.0033} (4595)^{0.0044} (3063)^{0.230} \right]$$

$$EGR_{1981} = 3'981,447.855$$

Variación de 20%

$$3'981,447.855 - 20\% = 3'185,158.284$$

Transformando a pesos de 1989

$$EGR_{1989} = 1,896'808,557$$

TOTAL DE EGRESOS PARA 1990 \$ 1,896'808,557

### 6.3.7.3.3) INGRESOS Y EGRESO PARA EL AÑO 2000

Para este año tendremos el siguiente pronóstico de operaciones es el siguiente :

Operaciones Comerciales	8,391
Operaciones A. General	5,594
	-----
Total de Operaciones	13,985

#### INGRESOS

Como los demás casos, los primeros cuatro conceptos serán iguales al primer cálculo.

- 1) Servicios Aeroportuarios por aterrizaje
- 2) Cuota por servicio de estacionamiento en plataforma de embarque y desembarque de pasajeros.
- 3) Precio por litro de combustible.
- 4) Cuota por abastecimiento o succión de combustible.

Sub total de ingresos por vuelos comerciales = 491,580.00

- 5) Servicio de revisión de pasajeros y equipaje de mano.  
Tomando en cuenta los pronosticos de pasajeros para el año 2000, que es de 57,689

57,689 pasajeros x \$600.00 = 40'613,400.00

Ingreso por Operaciones Comerciales :

\$491,580.00 por cada operación y 8,391 operaciones = 4,165'468,900

Ingreso por revisión de pasajeros = 40'613,400

Total de ingresos por vuelos comerciales = \$ 4,206'082,300

- 6) Servicios Aeroportuarios que se pagan a través del combustible a aeronaves hasta 10,000 kg.  
Utilizando las mismas condiciones que en los casos anteriores :

$$\$ 129,562 \times 5,594 \text{ operaciones} = 724'881,708$$

Total de Ingresos por Aviación General = \$ 724'881,708

El total de los ingresos para el año 2000 será la suma de lo obtenido por la aviación comercial y la aviación general.

Operación de Aviación Comercial.....	\$ 4,206'082,309
Operación de Aviación General.....	\$ 724'281,708

TOTAL DE INGRESOS PARA 2000	\$ 4,930'364,018
-----------------------------	------------------

#### EGRESOS

El cálculo de los egresos lo realizaremos de manera similar con el efectuado en 1980

$$EGR = 1.39 \left[ (2,718832)^{12.6591} (1)^{0.0933} (5594)^{0.0944} (8291)^{0.230} \right]$$

$$EGR_{1980} = 5'100,143.67$$

Variación de 20%.

$$5'100,143.67 \times 20\% = 4'080,114.936$$

Transformando a pesos de 1988

$$EGR_{1988} = 2,429'768,393$$

TOTAL DE EGRESOS PARA 2000	\$ 2,429'768,393
----------------------------	------------------

6.3.7.4) CALCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO PARA EL AEROPUERTO DE LA CIUDAD DE CUERNAVACA CON DATOS DEL MODELO ESTADISTICO DE DEMANDA.

Como se mencionó en el inciso 6.2.7.2 de este trabajo, la tasa interna de retorno es un método para poder evaluar cualquier proyecto de inversión.

De manera similar al cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) en la sección anterior, se realizó el flujo de efectivo para los ingresos y egresos esperados a tener con el modelo estadístico de demanda. Se realizaron las mismas consideraciones que en el estudio anterior.

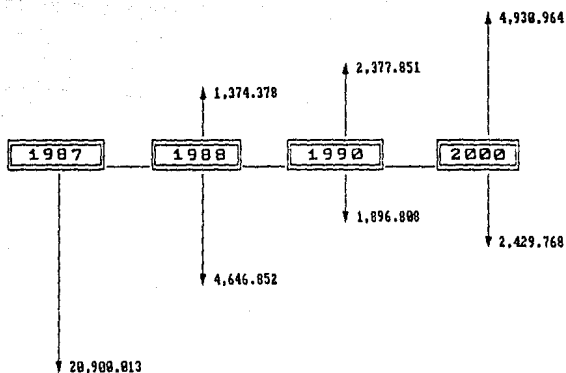
El flujo de efectivo se muestra en la gráfica 6.6 de la página siguiente.

Una vez conocido el flujo de efectivo, se aplicará a la ecuación (2) mostrada en el primer cálculo, que para este caso se expresará de la siguiente manera :

$$TIR = 0 = -29,900.010 + \frac{1,374,376}{(1+i)^1} - \frac{4,646,352}{(1+i)^1} + \frac{2,377,851}{(1+i)^2} - \frac{1,096,898}{(1+i)^3} + \frac{4,950,964}{(1+i)^3} - \frac{2,429,769}{(1+i)^3}$$

Realizando tanteos con la tasa de interés  $i$  obtendremos el valor que convierte esta ecuación en cero. Este valor que nos representa la tasa interna de retorno es de -15.961%. Al igual que el caso anterior la esta tasa de interés nos indica que no ha recuperación en la inversión. El comportamiento de esta ecuación se puede observar en la gráfica 6.7.

## Flujo de Efectivo del Aeropuerto Mariano Matamoros Utilizando el Modelo Estadístico de Demanda



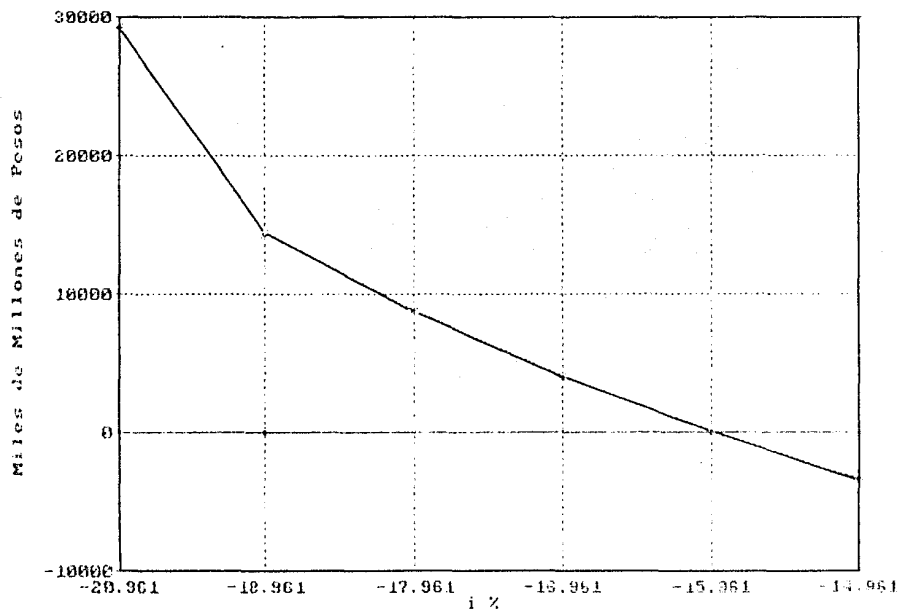
\* Cifras expresadas en miles de millones de pesos

Grafica 6.6



# TIR "MODELO ESTADISTICO"

GRAFICA 6.7



## 7) COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.

### 7.1) COMENTARIOS.

Como se ha mencionado en los primeros capítulos de este trabajo, los aeropuertos son obras de infraestructura que requieren de una gran cantidad de estudios de todo tipo.

En base a los resultados de estos estudios se elaborará un plan general de desarrollo, el cual deberá contener los conceptos fundamentales del aeropuerto, así como el trazado general que permita el mejor aprovechamiento de las instalaciones durante la vida útil del mismo.

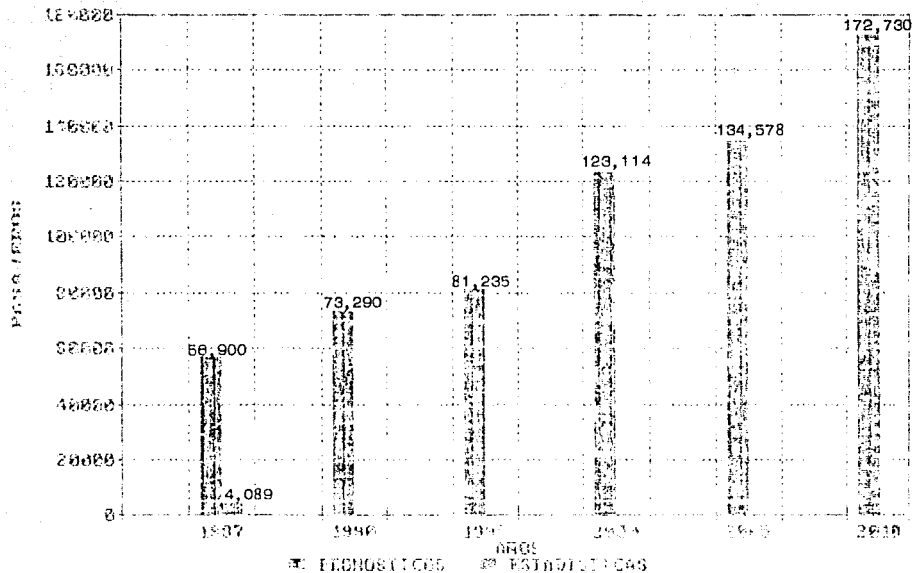
Uno de los estudios, que influirá en mayor proporción para la elaboración del proyecto, será el análisis de demanda. Como se ha visto, este análisis nos marca los parámetros del diseño en general. Existiendo varios métodos recomendados para la realización de estos estudios, el uso de ellos, nos podrá dar una idea más clara del comportamiento a futuro de la demanda.

En el caso del aeropuerto de la ciudad de Cuernavaca, el análisis de la demanda se basó en un sólo criterio, por lo que sus pronósticos no representan los movimientos reales. Por ello será conveniente realizar nuevos estudios de demanda, basándose principalmente en las estadísticas obtenidas durante el par de años que se encuentra operando el aeropuerto. Estos estudios serán una valiosa ayuda para realizar las correcciones necesarias al proyecto de ampliación, tanto en las dimensiones como en los períodos de tiempo a efectuar. En otras palabras, se tendrá que realizar un nuevo plan maestro del aeropuerto.

El Estado de Morelos es una región con una industria creciente que demanda un continuo apoyo para evitar caer en un rezago ante la Industria Nacional e Internacional, ya que se encuentran íntimamente relacionadas.

# COMPORTAMIENTO DEL TRAFICO

GRAFICA 7.1



Dentro de estos apoyos necesarios será el transporte aéreo una plataforma sólida de desarrollo, ya que se podrán manejar de manera rápida y segura tanto los productos terminados como la materia prima utilizada por esta industria, evitando así los altos costos y largos tiempos que se requieren para el traslado de mercancías.

Este aeropuerto también podrá ser un aliciente para la exportación, tanto de artículos industrializados como de productos agrícolas de la región. Ya que por las condiciones climatológicas y la calidad de tierra que existe en el Estado, los productos agropecuarios son de la mejor calidad del país. Dentro de estos, cabe mencionar la importante producción de flores de ornato así como de flores para industrialización. Las primeras, tienen un gran mercado dentro de los Estados Unidos y Europa; mientras que las segundas, son de gran demanda en el mercado Nacional.

Para poder exportar estos productos y llegar a tener un precio competitivo en el mercado, será necesario el poder relacionar las importaciones de productos con las exportaciones. Esto quiere decir, que si nosotros utilizamos la misma aeronave para exportar y para importar, los gastos de transporte se reducen a la mitad para ambos artículos, con lo que se podrán adquirir insumos de importación a menor precio, y los productos de exportación tendrán un precio competitivo en el mercado internacional.

El turismo es una de las actividades productivas de la Ciudad de Cuernavaca, ya que cuenta con una infraestructura importante, y un clima agradable durante todo el año. Por lo que se deberá incrementar la captación de turismo nacional, ya que el turismo que recibe el estado proviene en su mayoría de una sola región, que es la zona metropolitana de la ciudad de México.

Los turistas que acuden a este estado provenientes de esta región, en la mayoría de los casos limitan su estadía a un par de días, que generalmente son los fines de semana, o días festivos, utilizando casi siempre casas privadas. Por lo que no representan una derrama económica significativa hacia el estado. De manera semejante se comporta el turismo en otros puntos del Estado.

Existen zonas cercanas a la Ciudad de Cuernavaca en donde se pueden desarrollar proyectos turísticos, para atraer al turista nacional e internacional. Por ejemplo: El lago de Tequesquitengo, cercano al aeropuerto, pero en donde no se cuenta con ningún hotel, que pueda explotar los atractivos naturales de la región. Por lo que sería interesante el desarrollar en el lago un proyecto turístico en el cual intervengan las actividades acuáticas y terrestres. Este proyecto atraería al turismo nacional y al internacional, apoyándose de manera importante en el aeropuerto.

Las características del aeropuerto Mariano Matamoros coinciden perfectamente con las de un aeropuerto a nivel regional, que podrá ir incrementando su tráfico conforme se vayan desarrollando dos fenómenos principales: El desarrollo de la región, y el traslado del tráfico generado por la Ciudad de México.

Es así como una de las soluciones más viables para resolver la problemática del aeropuerto de la Ciudad de México, es el establecimiento de un subsistema aeroportuario metropolitano, que tendrá a los aeropuertos de las ciudades de Toluca, Puebla y Cuernavaca como los principales puntos de apoyo.

Revisando la estructura aeroportuaria con la que cuenta, el aeropuerto de Cuernavaca se podrá clasificar, según los parámetros de la D.A.C.I. mostrados en la tabla 1.1 de este trabajo, con un número clave 3.

Ya que el avión de referencia utilizado fue el Fokker 27, el cual posee una longitud de campo de 1670 m, así como una envergadura de 29 m, lo que nos brinda una letra clave C.

Conociendo ya la clasificación del aeropuerto según las normas internacionales, el cual deberá ser un aeropuerto clasificación 3C, se revisó en principio la pista.

El ancho de la pista que debería tener 30 m según las normas internacionales que se muestran en la tabla 5.13, tiene 45 m de ancho. Esto significa que se construyó una pista más ancha de lo que se requería, por lo que se encuentra un excedente de 15 m, que si se multiplica por la longitud de la pista nos brindará una gran cantidad de  $m^2$  de pista sobrante. Esta cantidad de  $m^2$  de pista sobrante trae como consecuencia un costo innecesario.

En el caso de la longitud de pista disponible en el aeropuerto de Cuernavaca, se tiene una incongruencia entre la información obtenida, ya que en un principio se manejó como dato la distancia de 3,000 m, pero en la información publicada en el PIA aparece esta pista con una longitud de 2,772 m. Esta es la longitud de pista que se brinda como disponible para las aeronaves, sin que se encuentre el umbral de la pista desplazado en ninguno de los dos lados de la pista.

Teniendo aclarada esta discrepancia de datos sobre la longitud de pista, el análisis de la longitud requerida por las diferentes aeronaves, nos dio como resultado, con el primer dato de longitud de pista, que para el caso del Fokker 27 es 2,130 m de diferencia entre la longitud requerida y la longitud disponible. Esto significa que se encuentra inutilizable casi el 56% de la pista. En el caso del segundo dato tenemos 1,192 m de diferencia entre las dos longitudes antes mencionadas, lo que significa un 40% de pista inutilizable.

Este estudio también se realizó para un avión turboreactor como el Boeing 727-200, utilizado por una de las compañías operadoras de la red troncal en México. Este estudio nos dió como resultado que, aún para los aviones turboreactores la pista se encuentra sobrada en longitud para el primer dato; para el segundo dato de longitud de pista, podemos observar que la pista cumple con los requerimientos de la aeronave, sin tener un excedente significativo.

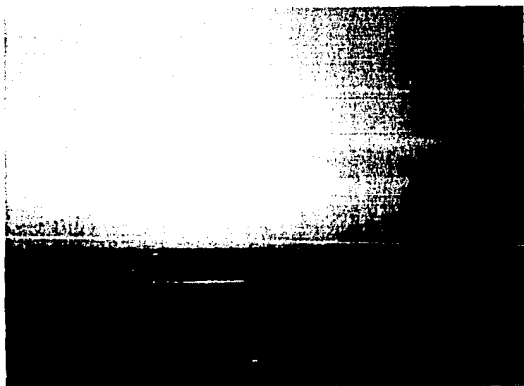
También se realizó el cálculo utilizando el total de la pista disponible, y se obtuvo como resultado que existe la posibilidad de efectuar la ruta Cuernavaca-Chicago o Cuernavaca-Nueva York, que por lo pronto no se encuentra prevista para este periodo de análisis.

Teniendo en cuenta el tráfico existente y comparándolo con el pronosticado, podremos ejemplificarlo en la grafica 7.1 de la página siguiente. Observaremos que el crecimiento del aeropuerto será de una manera más lenta que el pronosticado, si es que no existe ningún fenómeno que altere la conducta del tráfico. Por lo que se considera poco factible el uso de aviones turboreactores en vuelos de itinerario fijo, dentro del aeropuerto.

En cuanto a las demás características de la pista, como las franjas de pista, estas al inguarase eran inexistentes, lo que representaba un peligro para cualquier aeronave que operara en el aeropuerto. Teniendo en cuenta que este aeropuerto es de clave 3 y no es de precisión, deberá de contar con franjas de pista hasta de 150 m, como se ilustra en la figura 5.8 de este trabajo.

Actualmente el aeropuerto ya cuenta con franjas de pista, las cuales fueron realizadas dentro de los trabajos efectuados por diferente administracion, los cuales comentaremos con amplitud posteriormente. Estas franjas cuentan con un ancho aproximado de 50 m a partir del eje de la pista, quedándose cortas en un 30% con respecto a las normas internacionales recomendadas. En este caso, no es grave la diferencia, ya que las condiciones meteorologicas reinantes en el lugar permiten realizar aproximaciones con una buena visibilidad, lo que reduce la posibilidad de un despiste, por lo cual tambien se reduce el uso de las franjas de pista.

Otro elemento caracteristico en esta pista, es la existencia de gotas en las cabeceras de la pista. Estas estructuras se muestran en la fotografia 7.1.



Gotas de pista  
Fotografia 7.1



La función de estas gotas es proporcionar un espacio adicional para que las aeronaves realicen un giro de 180 grados. En algunos casos las podremos utilizar como apartaderos de espera, cuando exista tráfico. En el caso que sean utilizadas como ayudas para el giro de 180 grados, tendremos que los radios de giro del Fokker 27 y el ATR-42 son de 15 m, en promedio. Teniendo en cuenta que la pista cuenta con 45 m de ancho, la pista es lo suficientemente ancha para lograr este movimiento. En el caso de que fueren proyectados como apartaderos de espera, el número de operaciones pronosticadas por hora crítica para este periodo será de 11, con lo que en cierto caso sí se podría justificar esta estructura.

Otro punto delicado a tratar dentro de lo referente a la pista, es el caso de los pavimentos. Como se puede apreciar en el análisis realizado para las diferentes aeronaves, existe una marcada diferencia entre el pavimento diseñado para aviones de transporte regional y aviones turborreactores. Esta diferencia en el caso de Fokker 27 y el Boeing 717 llega a ser hasta de 10" (25 cm), en el caso de no tener bases y sub-base estabilizada, que es lo más probable.

La existencia de grietas longitudinales en el pavimento, como se muestran en las fotografías 7.2 y 7.3, demuestra una mala compactación en construcción, tomando en cuenta que el aeropuerto tiene tan sólo un año y meses de haber sido inaugurado, que el número de operaciones es reducido y los pesos de las aeronaves que operan en el aeropuerto. La existencia de este tipo de fallas estructurales nos da a pensar que no se puede confiar mucho en la resistencia de este pavimento.

Dentro de este trabajo no fue posible el realizar ninguna evaluación a los pavimentos existentes, ya que la falta de información sobre las características y estructuras, no permitió el estudio de estas.



Grutas Longitudinales do Fresta  
Fotografia 7.6



Grutas Transversales  
Fotografia 7.7

Es por esto que urge el poder evaluar los pavimentos construidos en el aeropuerto, tanto en su proyecto como en sitio. Esta evaluación en sitio deberá ser por medio de pruebas de carga o zondeos. Considerando esta tarea como prioritaria antes de dar la autorización para operar aeronaves mayores a las previstas, ya que aeronaves más pesadas podrían causar daños severos en el pavimento, inhabilitándolo para su uso.

Una vez conocida la evaluación del pavimento, podremos saber si es necesaria la reestructuración para la operación de aeronaves más pesadas.

Como es visto en este trabajo se insiste en el uso de aeronaves turboreactoras para la operación del aeropuerto, ya que son más pesadas y de mayor tamaño, por lo que requieren de mayores consideraciones. Esto se debe a las nuevas alternativas que se están proponiendo para la solución de la problemática del aeropuerto internacional de la Ciudad de México. Esta propuesta utiliza a los diferentes aeropuertos que existen alrededor del área metropolitana, creando un sistema de aeropuertos, el cual brindará servicio para las diferentes zonas de la metrópoli. Es por esto que se insiste en el uso de aeronaves turboreactoras en el aeropuerto para un futuro casi inmediato. En el caso de no utilizar este aeropuerto en un principio para este sistema, se considerará que esto sucederá a mediano o largo plazo, por lo que el aeropuerto deberá de estar listo para el uso de aviones turboreactores en etapas futuras.

Revisando otras partes del aeropuerto en su estructura, como es la palataforma, tanto comercial como de aviación general, se considera que cumple por el momento con las necesidades requeridas por el tráfico.

Ya que en la plataforma comercial, con dos posiciones simultáneas, las operaciones en aeropuerto se realizan con toda normalidad, debido a que los pocos vuelos comerciales se distribuyen durante todo el día, lo que evita el uso de ambas posiciones.

En cuanto a la plataforma de aviación general, también se encuentra operando de manera eficiente, aunque los fines de semana se reduce un poco el espacio para estacionamiento de las aeronaves.

La creación de hangares para la aviación general sería un atractivo más para el establecimiento de su base en el aeropuerto, lo que traería un mayor número de aviones, teniendo como consecuencia un beneficio económico y provocará que el tráfico hacia el aeropuerto crezca.

El edificio terminal como estructura encargada de concentrar a los pasajeros y operadores de aeropuerto, cuenta con una superficie de 300 m<sup>2</sup>. Esta superficie opera con funcionalidad en estos momentos, ya que si se ven las estadísticas de pasajeros, el edificio cumple correctamente con las funciones asignadas.

El estacionamiento, como se dijo anteriormente, tiene una relación con el número de pasajeros, visitantes y operadores del aeropuerto. En este caso tendremos una capacidad de 65 vehículos. Para esta primera etapa se considera un poco grande en relación con el número de operaciones y pasajeros movilizadas, pero irá cumpliendo con las necesidades conforme la demanda crezca.

En cuanto al camino de acceso al aeropuerto, existen dos vías de acceso. Pero debe tenerse en cuenta que hay una diferencia mayor a 10 minutos entre uno y otro; es decir, que el camino de cuota es más largo y se requiere de mayor tiempo para lograr el acceso al aeropuerto.

El camino de cuota que se utiliza es la carretera Cuernavaca-Acapulco, existiendo una desviación hacia el aeropuerto hasta entroncar con la carretera federal. En el uso de este camino se pasa por un poblado, en donde el trayecto es lento, debido al mal estado del camino y de la falta de señalamientos. Por lo tanto el poco tiempo ahorrado en el camino de cuota se ve perdido en este laberinto.

A consecuencia de lo anterior no tiene objeto proporcionar dos caminos distintos de acceso al aeropuerto. La carretera federal cumple con la función de comunicación, ya que el camino de cuota sólo crea confusión a los usuarios del aeropuerto.

En cuanto al camino de acceso entre la carretera federal y el aeropuerto, este es angosto y posee algunos tramos con curvas cerradas por la existencia de pequeñas barrancas, lo que crea un tránsito lento.

La ubicación del aeropuerto con respecto a las zonas generadoras de tráfico, es adecuada ya que está sólo a 25 minutos desde la parte más lejana de la ciudad de Cuernavaca, y se encuentra bien comunicada con respecto a las demás zonas generadoras de tráfico en el Estado.

Debido a las características climatológicas de la región en donde se encuentra el aeropuerto, que son: buena visibilidad en la mayoría de los días del año, su equipamiento tanto de ayudas a la navegación aérea como de ayudas visuales, son buenas para realizar aproximaciones visuales. Teniendo en cuenta la revisión de espacios aéreos. Estos no cumplen con las normas establecidas por la O.A.C.I en su Anexo 14, debido a la presencia de obstáculos, tanto en la pista 20, como en la 02.

En lo que respecta a las ayudas visuales no luminosas y luminosas, el aeropuerto operó durante casi un año sin la existencia de éstas, a consecuencia de la falta de una cerca perimetral que impida el paso de animales y personas a las instalaciones del aeropuerto. En un principio, se instalaron luces de borde de pista, así como en las calles de rodaje y plataformas; pero los pobladores de los lugares cercanos al aeropuerto fueron sustrayendo las luces, por lo que a la falta de éstas se tomó la decisión de desmontarlas.

En el caso del sistema de indicación de pendiente PAPI, su problemática se acentuó con la mala construcción de las instalaciones para su montaje.

En el penúltimo capítulo de este trabajo, se realizó un breve estudio financiero sobre el aeropuerto, ya que al ser una obra pública, para su construcción debió de haber pasado por ciertos estudios. Se tienen considerados a los aeropuertos como proyectos de inversión, ya que solo en casos excepcionales en donde el beneficio social sea muy grande, se construiría un instalación de este tipo.

En México los aeropuertos se construyen con recursos tantos federales como estatales, o bien, con financiamiento de alguna institución de crédito mundial. Se tiene previsto que este tipo de terminales deberán de ir recuperando la inversión desarrollada con la operación de las aeronaves. Los ingresos obtenidos por los aeropuertos deberán ser tales que cubran todos los gastos por operación; así como el ir amortizando la inversión, hasta llegar al punto que comiencen a reeditar ingresos al Gobierno.

Este estudio financiero se realizó en principio con los datos de los pronósticos del aeropuerto, utilizando como método de evaluación la Tasa Interna de Retorno ( TIR ), teniendo como resultado que en el aeropuerto, en el horizonte de estudio, no existe recuperación de la inversión, por lo que financieramente no es rentable el aeropuerto.

El estudio se volvió más crítico, cuando se utilizaron los pronósticos de pasajeros basados en un modelo estadístico, que nos brindara la misma tendencia de crecimiento que los antes pronosticados, pero basandose en las estadísticas como punto de partida. Esta diferencia da como resultado un periodo más largo para la recuperación de la inversión, lo cual convierte al aeropuerto en un inversión menos rentable.

Las evaluaciones económicas e institucionales para esta terminal aérea no se realizaron, ya que no fue posible el contar con la información necesaria para una correcta evaluación en estos ámbitos.

El pasado 19 de Septiembre de 1989, el gobierno del Estado de Morelos y el organismo descentralizado Aeropuertos y Servicios Auxiliares, firmaron un convenio mediante el cual, el aeropuerto Mariano Matamoros se incorporaba a la Red Nacional de aeropuertos administrada por este organismo. Dentro de los principales puntos tratados en el convenio están: la conclusión de las obras en las franjas de pista, la instalación de luces de borde de pista y calles de rodaje, la creación del Cuerpo de Rescate y Extinción de incendios ( CREI ), la reestructuración en la manera de operar de la zona de combustibles, así como su mejoría en las instalaciones. El equipamiento de la torre de control con radio y equipos meteorológicos, la construcción de nuevas instalaciones para el montaje del sistema de señalamiento de pendiente PAPI, así como su instalación y certificación.

En el convenio tambien se contó con la participación del Servicio para la Navegación de Espacio Aéreo Mexicano ( SENEAM ), el cual se encargó de diseñar un procedimiento de aproximación, utilizando el VOR de Tequesquitengo. Tomando en cuenta la serie de obstáculos que se encuentran en el espacio aéreo de aeropuerto, se recomendó la instalación de una radio ayuda NBD ( Non Directional Beacon ), la cual hará más segura la aproximación de las aeronaves.

Este procedimieto se puede apreciar en las figuras 7.1, 7.2, 7.3 y 7.4, tomadas de la enminda para este aeropuerto en la Publicación de Información Aeronautica.

Otro punto de importancia que se consideró para el correcto funcionamiento del aeropuerto, es la conclusión de las obras de cercado perimetral del aeropuerto. Estas obras de protección no se en encuentran concluidas, como se puede apreciar en la fotografía 7.4. Esto repercute en el mal funcionamiento del aeropuerto, ya que la presencia de animales y personas ajenas al aeropuerto, tanto en pista como en plataforma, pueden causar incidentes que a la vez se transformen en accedientes.

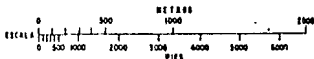
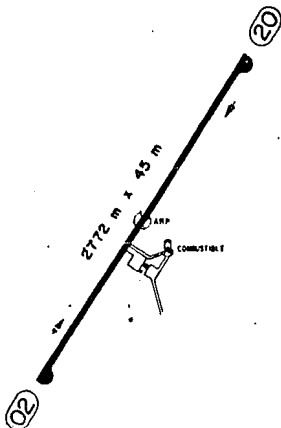
Con la ejecución de estas obras, el aeropuerto de Cuernavaca se encontrará en condiciones adecuadas para operar de manera eficiente y segura.



TR 1187

CUERNAVACA, MOR.

ELEV 1280m 4199 FT 18°50'09"N 99°15'45"W



INFORMACION ADICIONAL DE PISTAS

PISTA	ILUMINACION	DISTANCIAS DECLARADAS								ANCHO	
		TORA		ASDA		TODA		LDA			
		m	FT	m	FT	m	FT	m	FT	m	FT
02	MIRL -	2772	9094	2772	9094	2772	9094	2772	9094	45	148
20	MIRL -	2772	9094	2772	9094	2772	9094	2772	9094		

MINIMOS METEOROLOGICOS  
TECHO EN FT Y VISIBILIDAD EN SM y (m)

MCA, ALTITUDES MINIMAS DE CRUCE O  
PARA ABANDONAR LA ESTACION

ALTERNQ

EQUIPO

DESPEQUE

DIA

PISTA 02/20

VER CARTA  
CORRESPONDIENTE

ASCENSOS

VER CARTA  
CORRESPONDIENTE

1 y 2 MOTORES

600-1 1/2 (2400m)

3 O MAS  
MOTORES

NOTAS.- LUCES EN CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMA

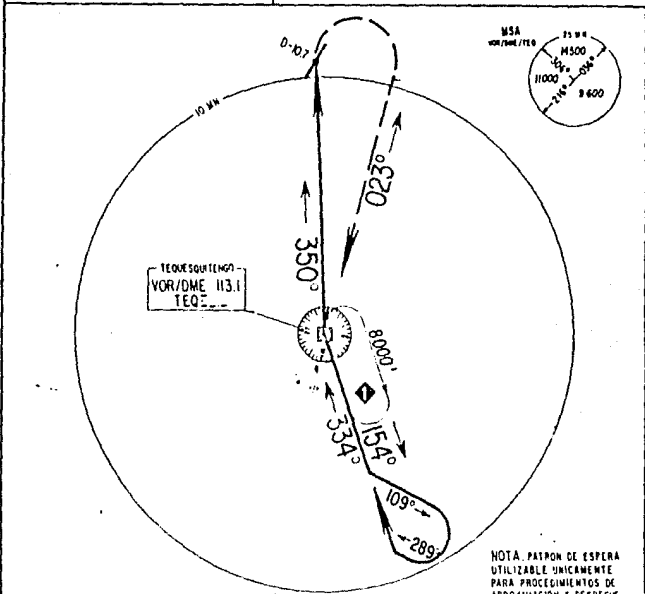
118.7

ELEV 4199'

CUERNAVACA, MOR.

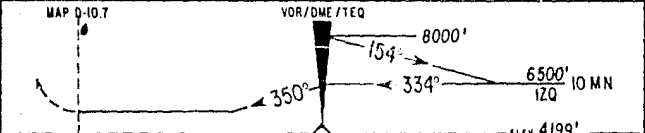
VAR 8° E

VOR/DME-A



NOTA. PATRON DE ESPERA UTILIZABLE UNICAMENTE PARA PROCESIMIENTOS DE APROXIMACION Y DESPEQUE DEL AEROPUERTO DE CUERNAVACA, MOR.

107	GS	80	100	120	140	160	180	200	220
MN	MIN/SEG	8 01	6 25	5 21	4 35	4 06	3 34	3 13	2 55



FALLIDA VIRE A LA DERECHA E INTERCETE EN ASCENSO EL RADIAL 023° HACIA EL VOR/DME/TEQ HASTA LA ALTITUD MINIMA DE ESPERA

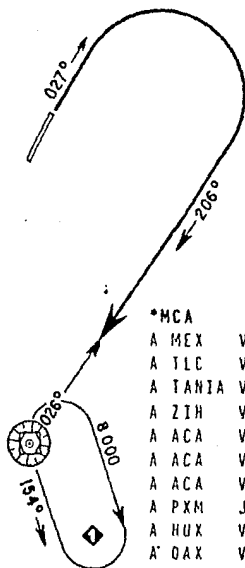
DIRECTO PISTA		CIRCULANDO	
A		A	5600' (1600m) - 1 1/4 (200m)
B		B	5600' (1600m) - 1 1/4 (2400m)
C		C	
D		D	5600' (1600m) - 3 (1400m)

TWR 118.7

CUERNAVACA, MOR.  
ASCENSO VOR PISTA 02

ASC

NOTA: PATRON DE ESPERA  
UTILIZABLE UNICAMENTE  
PARA PROCEDIMIENTOS DE  
APROXIMACION Y DESPEGUE  
DEL AEROPUERTO DE CUER-  
NAVACA, MOR.



\*MCA

A MEX	V15	J21	11200	FT
A TLC	V43	J13	12000	FT
A TANIA	V24S	J24S	7600	FT
A ZIH	V24	J24	8600	FT
A ACA	V15W	J21W	8000	FT
A ACA	V15	J21	7900	FT
A ACA	V15E	J21E	8000	FT
A PXM	J19		7500	FT
A HUX	V43	J77	7500	FT
A OAX	V16	J13	7500	FT
A CUA	V24	J24	7500	FT

ASCIENDA EN RUMBO 027°, ALCANCE LO ANTES POSIBLE 4 800FT DE ALTITUD Y VIRE A LA DE-  
RECHA PARA INTERCEPTAR EL RADIAL 026° HACIA EL VOR/DME/TEQ Y CRUZARLO A LA MCA  
REQUERIDA PARA CONTINUAR EN RUTA ASIGNADA.

NOTA: ESTE PROCEDIMIENTO REQUIERE UN GRADIENTE DE ASCENSO MÍNIMO DE 300FT/MN  
HASTA ALCANZAR 6 300FT

GS	80	100	120	140	160	180	200
300FT/MN	400	500	600	700	800	900	1000

RESTRICCIÓN DE VELOCIDAD VER SECCIÓN 3AL

CAMBIOS CARTA NUEVA

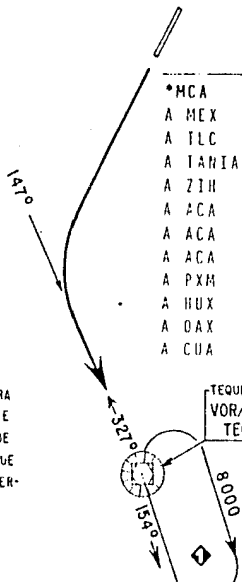
SCT-DGAC SENEFAM

MMLB-1

TWR 118.7

CUERNAVACA, MOR.  
ASCENSO VOR PISTA 20

**ASC**



•MCA

A MEX	V15	J21	11200 FT
A TLC	V43	J13	12000 FT
A TANIA	V24S	J24S	7600 FT
A ZIH	V24	J24	8600 FT
A PCA	V15W	J21W	8000 FT
A ACA	V15	J21	7900 FT
A ACA	V15E	J21 E	8000 FT
A PXM	J19		7500 FT
A HUX	V43	J71	7500 FT
A OAX	V16	J13	7500 FT
A CUA	V24	J24	7500 FT

NOTA: PATRON DE ESPERA UTILIZABLE UNICAMENTE PARA PROCEDIMIENTOS DE APROXIMACION Y DESPEGUE DEL AEROPUERTO DE CUERNAVACA, MOR

TEQUESQUITEMGO  
VOR/DME 113.1  
TEQ

ASCIENDA EN RUMBO DE PISTA HASTA INTERCEPTAR EL RADIAL 327° DEL VOR/DME/TEQ Y PROSIGA HASTA CRUZAR EL VOR/DME/TEQ A LA MCA REQUERIDA PARA CONTINUAR EN RUTA ASIGNADA.

NOTA: ESTE PROCEDIMIENTO REQUIERE UN GRADIENTE DE ASCENSO MINIMO DE 330FT/MN HASTA ALCANZAR 7500FT.

GS	80	100	120	140	160	180	200
330FT/MN	440	550	660	770	880	990	1100

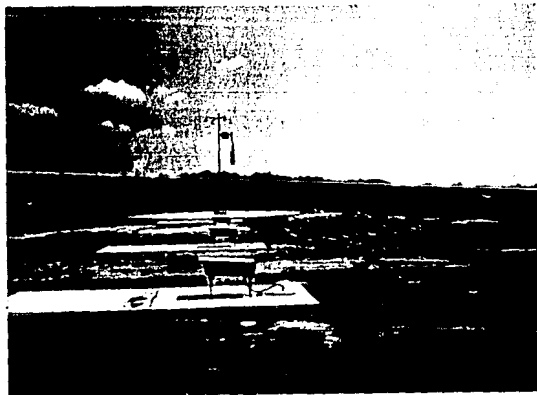
RESTRICCION DE VELOCIDAD VEH SECCION RAC



Trabajos de Cerco al este del In. de las Amas

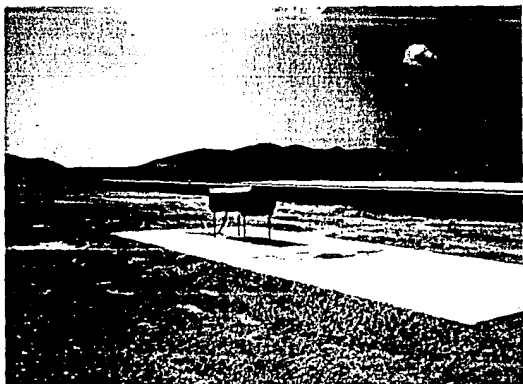
Fotografía 7.4

A continuación se muestran algunas fotografías de los trabajos realizados mediante este elemento.

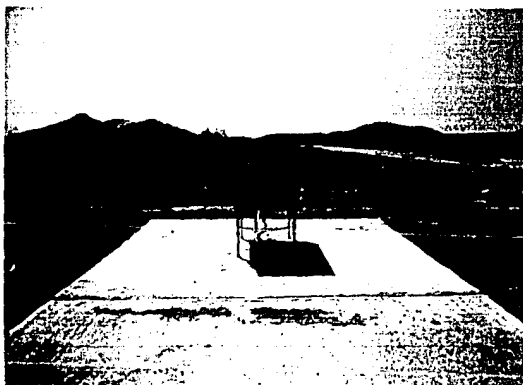


Construcción de Nuevas Plataformas para la Instalación del PAPI

Fotografía 7.5



Instalación del Sistema de Señalización  
de Fendicrete en Aprobación PAF1  
Fotografía 7.6



Certificación de Elementos del PAF1  
Fotografía 7.7



Instalacion de los Instalacion para la Radio Avion MB  
Fotografia 7.8



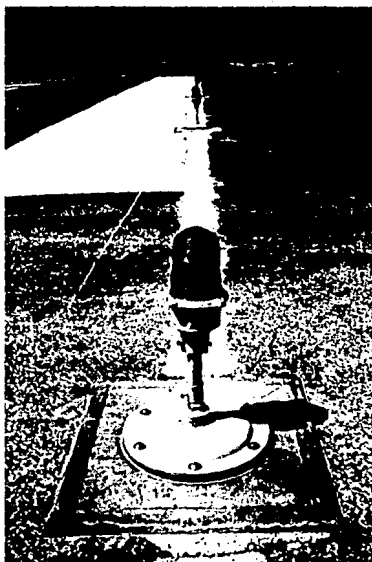
Instalacion de las Luces de Borde de Pista  
Fotografia 7.9



Instalacion de Luces en Calles de Rodaje

Fotografia 7.10



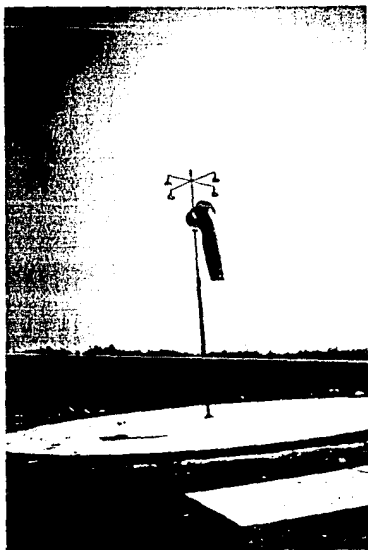


Instalacion de Luces de Fin de Pista  
Fotografia 7.11



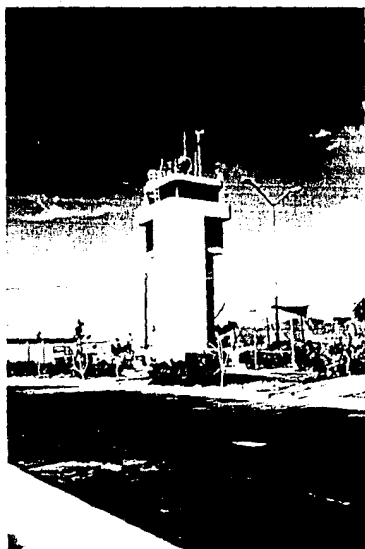
Letreros de Señalización de Pistas

Fotografía 7.11



Conos Indicadores de Viento

Fotografía 7.12



Equipamento de la Torre de Control  
Fotografía 7.14

## 7.2) CONCLUSIONES.

A las conclusiones que podemos llegar después de este análisis son:

El aeropuerto cuenta con la infraestructura necesaria y segura para la operación de aeronaves a nivel regional. Si se desea el uso de aeronaves turboreactoras será necesario la evaluación del pavimento para determinar si este se encuentra capacitado para soportar el peso y repeticiones de estas aeronaves. Esta evaluación tendrá que ser necesaria si se piensa incorporar a este aeropuerto al sistema metropolitano de aeropuertos.

La construcción de estructuras que conviertan al aeropuerto como un atractivo para la aviación general. Estas estructuras podrán ser hangares, escuelas de aviación, etc.. Lo que convertiría al aeropuerto en base de muchas aeronaves que actualmente operan en pequeños aerodromos alrededor de la Ciudad de México, ubicados estos peligrosos y sin ninguna vigilancia.

Será necesario también una intensa promoción del aeropuerto dentro de la comunidad del Estado de Morelos, ya que para muchas personas les es desconocida esta terminal aérea. Esta promoción tendrá que ser de manera intensa en todos los sectores del Estado.

La promoción de los atractivos turísticos con los que cuenta el Estado puede ser la punta de lanza para esta promoción. Enfocado principalmente el turismo nacional, ya que el turismo internacional se podría reservar para una segunda etapa, comenzando con la generación de tráfico, de esta índole.

La promoción entre productores agrícolas e industriales para el uso del transporte aéreo, en el movimiento de carga podrá generar beneficios tanto para estos sectores como para el aeropuerto. Es así como también el promover la realización de las importaciones por medio aéreo, ya que si se disminuyen los costos de transportación entre el aeropuerto de la Ciudad de México y las industrias situadas en Cuernavaca beneficiará en la reducción de costos. Una vez teniendo estas importaciones seleccionadas se podrá pensar en las mercancías a exportar utilizando la misma aeronave, lo que provocará la reducción del costo del transporte.

Se recomienda también la finalización de las obras de cercado perimetral del aeropuerto, para que la operación de las aeronaves se realicen de manera segura, ya que es frecuente la invasión de la pista ya sea por personas o animales, los que ponen en peligro la operación de las aeronaves.

Sera necesario la creación de un plan maestro para el ordenado desarrollo del aeropuerto. Este plan se podrá crear en base a las estadísticas obtenidas durante estos años de operación pudiendo dar las etapas de desarrollo para esta estructura.

Será necesario el entusiasmo tanto de la autoridades como del pueblo Morelense para obtener el máximo beneficio que brinda a la comunidad una infraestructura del transporte como esta, es por lo que se exhorta a desarrollar al máximo de capacidad el aeropuerto.

## BIBLIOGRAFIA

Ashford, AIRPORT ENGINEERING, Editorial McGraw-Hill,  
2- Edición, U.S.A 1984.

ATR 42, LA ELECCION OPTIMA Editorial Aerospatiale y  
Aeritalia, Francia.

CETENAL, CARTAS TOPOGRAFICAS E-14-A-58 Y E-14-A-69,  
México 1986.

Coss Bu Raúl, ANALISIS Y EVALUACION DE PROYECTOS DE INVERSION,  
Editorial Limusa, 2- Edición, México D.F. 1986.

Crespo Villalaz Carlos, VIAS DE COMUNICACION, Editorial Limusa  
1- Edición, México D.F., 1979.

Dirección General de Aeropuertos, ANALISIS DE FACTIBILIDAD DE  
UN AEROPUERTO EN LA CIUDAD DE CUERNAVACA, Editorial S.C.T,  
1- Edición, México 1986.

Dirección General de Geografía del Territorio Nacional,  
CARTA DE TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES, Editorial Coordinación  
General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía  
e Informática. 1-Edición, México 1980.

Dovali Ramos Federico, APUNTES INEDITOS DE LA MATERIA DE  
SISTEMAS AEROPORTUARIOS, Facultad de Ingeniería U.N.A.M  
México 1987.

Europhane, AIRFIELD LIGHTING, Europhane Francia.

Federal Aviation Agency, THE AIRPORT AND TERMINAL BUILDING, PLANNING MANUAL, Editorial F.A.A, 1- Edición, Washinton D.C U.S.A 1976.

Horonjeff y Mckelvey, PLANNING AND DESIGN OF AIRPORTS, McGraw-Hill, 3- Edición, U.S.A 1984.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, ESTRUCTURA ECONOMICA DEL ESTADO DE MORELOS, Editorial INEGI, 1- Edición, México D.F 1987

Juarez Bádillo y Rico Rodríguez, MECANICA DE SUELOS, tomo II, 2- Edición, México 1979.

O.A.C.I., MANUAL DE PLANIFICACION DE AEROPUERTOS, parte 1, planificación general, Editorial Organización de Aviación Civil Internacional, 2- edición, Canadá 1987.

O.A.C.I., MANUAL DE PROYECTOS DE AERODROMOS, parte 1, pistas, Editorial Organización de Aviación Civil Internacional, 2- edición, Canadá 1984.

O.A.C.I., MANUAL DE PROYECTOS DE AERODROMOS, parte 2, calles de rodaje, plataformas, apartaderos de espera, Editorial Organización de Aviación Civil Internacional, 2- Edición, Canadá 1983.

O.A.C.I., MANUAL DE PROYECTOS DE AERODROMOS, parte 3, pavimentos, Editorial Organización de Aviación Civil Internacional, 2- Edición, Canadá 1983.

D.A.C.I., MANUAL DE PROYECTOS DE AERODROMOS, parte 4, ayudas visuales, Editorial Organización de Aviación Civil Internacional, 2- Edición, Canadá 1983.

D.A.C.I., NORMAS Y METODOS RECOMENDADOS INTERNACIONALES AERODROMOS, ANEXO 14, AL CONVENIO SOBRE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL, Editorial Organización de Aviación Civil Internacioanal, 8- Edición, Canadá 1983

SENEAM, PUBLICACION DE INFORMACION AERONAUTICA, Editorial S.C.T, DGAC, SENEAM, México 1989.

S.C.T. y U.N.A.M, INGENIERIA DE AEROPERTRTOS, modulo planificación, Editorial S.C.T, 1- Edición, México 1986.



SE de erratas

<u>PAGINA</u>	<u>DEBE</u>	<u>DEBE DECIR</u>
14	dividido	dividido
20	necesario en	necesario un
26	resultado	resultado
41	principalmente	principalmente
48	almacenamiento	almacenamiento
49	almacenamiento	almacenamiento
55	performance	comportamiento
56	avto	AVION
61	despeje	despegue
63	Tijuana con 1-40	Tijuana con 1-61
67	Boeing	Boeing
68	aprovisiona	aprovisiona
83	unicamente	unicamente
86	protegida	protegida
88	aerovias	aerovias
92	manicura	manicura
95	aeronaive	aeronaive
99	DC-9 serie 41 con 20.9 m cuenta	DC-9 serie 15 con 18.20 m cuenta
103	almacenamiento	almacenamiento
112	diferentes	diferentes
115	vivales	visuales
120	indicador	indicacion
126	aeropuerto	aeropuerto
140	concreto portland	concreto hidraulico
141	aeropuertos	aeropuertos
143	pavimentos	pavimentos
144	aereo	aereo
145	pavimentos	pavimentos
145	Compacted Solis	Compacted Solis
146	correctamente	correctamente
153	un espesor definido entre carpeta y base	un espesor de sub-base
158	Espesor de Base 15.51 pul	Espesor de Base 3.51 pul
195	tabla 6.8 de la pagina siguiente	tabla 5.8 de la pagina anterior
212	encuentra	encuentra
216	inabilitado	inhabilitado
235	convientan	convientan