



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

64
ZEFJ

FACULTAD DE INGENIERIA

**“DESARROLLO DEL
AEROPUERTO DE
GUANAJUATO”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
JAVIER GALVAN ESCOBAR

DIRECTOR: ING. JORGE DE LA MADRID V.



MEXICO, D. F.

1995

FALLA DE ORIGEN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-085/94

Señor
JAVIER GALVAN ESCOBAR
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. JORGE DE LA MADRID VIRGEN**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"DESARROLLO DEL AEROPUERTO DE GUANAJUATO"

- I. ANTECEDENTES**
 - II. SITUACION ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA**
 - III. DESARROLLO DEL EDIFICIO TERMINAL DE PASAJEROS**
 - IV. DESARROLLO DE LAS PLATAFORMAS PARA EL ESTACIONAMIENTO DE AVIONES**
 - V. DESARROLLO DE LAS INSTALACIONES PARA CARGA AEREA**
 - VI. DESARROLLO DEL AEROPUERTO A LARGO PLAZO**
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 7 de diciembre de 1994.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR*nl

**Dedico este trabajo a
la memoria de mi padre,
Arq. Fausto Galván Sánchez**

INDICE

	Página:
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
ANTECEDENTES	7
Características generales de la región	7
Características generales de infraestructura	8
Aeropuerto de la Cd. de León (Sn.Carlos)	11
Necesidad de un nuevo aeropuerto	15
Conclusiones	27
Glosario	29
CAPITULO II	
SITUACION ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA	30
Proyecto y construcción del aeropuerto internacional de Guanajuato hasta su situación actual	30
Actividad aérea actual	59
Glosario	69
CAPITULO III	
DESARROLLO DEL EDIFICIO TERMINAL DE PASAJEROS	70
Planeación de un edificio terminal	71
Metodología de proyecto para edificios terminales	74
Desarrollo del edificio para las próximas etapas	80
Conclusiones	87
CAPITULO IV	
DESARROLLO DE LAS PLATAFORMAS PARA EL ESTACIONAMIENTO DE AVIONES	93
Proyecto de plataformas terminales comerciales	93
Desarrollo de plataformas en el aeropuerto de Guanajuato	99
Proyectos constructivos	100
CAPITULO V	
DESARROLLO DE LAS INSTALACIONES PARA CARGA AEREA	103
Generalidades de una terminal de carga	103
Proyecto de una terminal de carga para el aeropuerto de Guanajuato	106
Comentarios y conclusiones	112
CAPITULO VI	
DESARROLLO DEL AEROPUERTO A LARGO PLAZO	116
Desarrollo a largo plazo	116

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
Análisis Económico	123
BIBLIOGRAFIA	126

INTRODUCCION

Uno de los grandes logros de la humanidad desde que ha existido sobre la tierra, ha sido el de alcanzar los cielos. La historia nos cuenta leyendas como la de Dédalo e Icaro en la antigua Grecia, o la de los Caballeros Aguila en el antiguo imperio Azteca, que siempre inspirándose en el vuelo de las aves, nos muestran como en el pasado las culturas antiguas veneraban y anhelaban el hecho de poder volar.

Poco a poco en el transcurso de la historia el hombre empieza a concebir como lograr volar. En el siglo XVI el gran inventor y creador italiano Leonardo Da Vinci entre sus grandes diseños conceptualizó un aparato para volar semejante a un helicóptero; después sucedieron los vuelos en globo aerostático que en el siglo XVIII lograron en Francia los hermanos Montgolfier.

Pero no es hasta finales del siglo pasado, cuando gracias a la revolución industrial se inventan los primeros aparatos precursores del avión. Estos se van perfeccionando hasta lograr el primer vuelo tripulado y controlado en el año de 1903 por los Hermanos Wright.

A partir de este suceso, el desarrollo de la aeronáutica va evolucionando vertiginosamente lo que incrementa la tecnología y la capacidad de los aparatos. En

este hecho la primera guerra mundial es un suceso trascendental para lograr este desarrollo, al aprovechar la gran utilidad del avión, que es un aparato que va a revolucionar totalmente las comunicaciones en el siglo XX.

El transporte aéreo es un medio que gracias a sus características, ha acortado los tiempos y ha reducido las distancias entre distintos lugares del planeta de tal forma que ha sido una panacea para las comunicaciones en este siglo. Anteriormente un viaje transcontinental solo se podía hacer en barco y esto tomaba varios días. Con el avión en la actualidad, estos tiempos se han reducido a horas.

La aviación civil, que es la que usa al avión como medio de transporte para personas y para carga, comienza a usarse en el segundo cuarto de este siglo, y a partir del final de la segunda guerra mundial esta se desarrolla vertiginosamente.

En el año de 1944 se reúnen en Chicago, E.U.A. representantes de 52 naciones en una convención que tiene como objetivo definir la situación de la aviación civil en la posguerra. En esta convención establecen una serie de artículos cuya finalidad es el establecimiento de una asociación internacional cuyos principales objetivos son los de organizar y promover la aviación civil con la finalidad de mejorar entendimiento entre los pueblos y favorecer la cooperación entre estos.

Finalmente en esta convención se promovió el establecimiento de la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional), en el año de 1947. La primer acta constitutiva la firmaron 26 países, en la actualidad la organización está conformada por 160 países que componen una asamblea en donde todos participan. Actualmente la OACI es el organismo que regula la aviación civil internacional, sus alcances son muy amplios y muy variados. Dentro de sus funciones le corresponde regular aspectos de muy diversa índole como son entre otros, la reglamentación de: Licencias para pilotos; Reglas del Aire; Operación de aviones; Registros de aeronaves según su nacionalidad; Seguridad aérea; Regulación del tráfico aéreo internacional; etc. También proporcionar servicios como el de: Meteorología para la navegación internacional; Cartas de Aeronavegación; etc. Estas reglamentaciones y recomendaciones se presentan en artículos que son tratados por distintos comités.

Entre sus documentos normativos se encuentra uno que nos atañe en específico, que se llama "Aeródromos"¹. Este artículo trata todo lo relacionado con el diseño de aeropuertos y con su equipamiento. Aquí se tratan todo tipo de normas, especificaciones, recomendaciones, etc. que intervienen en el proyecto de un aeropuerto, que se deben cumplir para que este pueda usarse en la aviación civil internacional. Nuestro país como miembro de la OACI, se rige bajo sus normas, y las utiliza para desarrollar sus proyectos aeroportuarios.

1. (N. de T.) Nombre que se le da a este artículo en el tratado, que es equivalente a aeropuertos.

Por otro lado en los Estados Unidos existe una dependencia federal que también emite normas para regular la aviación de ese país. Esta dependencia es la FAA (Federal Aviation Agency), que tiene funciones similares a las de la OACI, y en ese país ambas operan conjuntamente.

Como sabemos, los Estados Unidos es un país que por su desarrollo está a la vanguardia de la industria aeronáutica, por lo que su reglamentación es muy avanzada, y en el caso de nuestro país, se llega a utilizar algunas de estas reglamentaciones (de la FAA), conjuntamente con las de OACI para la elaboración de proyectos aeroportuarios.

En el mundo los aeropuertos mas comunes son: Públicos (de servicio general y comercial); Privados; o Militares. La construcción y operación de aeropuertos varía en cada país, pero lo mas común es que los gobiernos se encarguen de estos por medio de sus ministerios de transporte; o por medio de organismos de los mismos gobiernos pero descentralizados de estos. En los países mas desarrollados como Francia, Italia, Alemania y E.U.A. se da el caso de que sus aeropuertos se administren por entidades propias y autónomas para cada aeropuerto, pero que no son necesariamente privadas.

En el caso de México los principales aeropuertos son los de servicio público, y estos están a cargo del gobierno federal. La construcción, administración y operación de estos aeropuertos, así como su modernización, se lleva a cabo por medio de un

organismo público descentralizado que es "Aeropuertos y Servicios Auxiliares" (ASA). Este organismo es descentralizado porque genera sus propios ingresos; pero sus gastos requieren de la autorización del gobierno federal y tiene relación directa con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

ASA y la extinta Dirección General de Aeropuertos, fueron creadas en el año de 1965, cuando el gobierno federal ve la necesidad de hacer prioritario el desarrollo de infraestructura aeroportuaria. Esto surge ante la necesidad de mejorar un sistema aeroportuario rezagado, obsoleto, tecnológicamente atrasado y con una cobertura geográfica sumamente limitada en ese entonces. En la actualidad ASA administra 58 aeropuertos en el país, siendo una de las redes de infraestructura aeroportuaria mas grande del mundo. En otros 4 aeropuertos se ofrece el servicio de almacenamiento y distribución de combustible.

Entre los aeropuertos que opera ASA está el "Aeropuerto internacional de Guanajuato" (Anteriormente llamado Aeropuerto del Bajío), el cual se construyó en el año de 1988 ante la necesidad de tener un aeropuerto que pueda satisfacer la demanda de transporte aéreo en ésta importante región del centro del país. Este se construyó para sustituir a otro aeropuerto que era obsoleto, que ya no podía satisfacer las necesidades actuales y que ya no se podía ampliar.

El objetivo de este trabajo de tesis consiste en revisar los antecedentes que llevaron a la construcción de este aeropuerto, su proyecto, y analizar lo realizado a la luz de la demanda que ya se ha presentado, así como proponer estrategias de desarrollo para el futuro en función del crecimiento esperado en esa demanda.

La ingeniería aeroportuaria es uno de los campos en donde interviene la actividad del ingeniero civil. Este esta involucrado en la planeación, proyecto y construcción de sistemas aeroportuarios, así como en su conservación y en su mantenimiento.

Por otro lado la ingeniería aeroportuaria es una rama relacionada con el área de sistemas dentro de la ingeniería civil; pero también hay otras áreas de especialización muy variadas que intervienen en esta. Aquí también se involucran especialistas en planeación, construcción, geotecnia, estructuras, ingeniería ecológica, topografía etc. Esto nos muestra que la ingeniería aeroportuaria tiene un campo muy fértil para desarrollar la profesión de Ingeniero Civil.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA REGION

La región conocida como "El Bajío" comprende una llanura que corre a lo largo de la parte sur del estado de Guanajuato y sus partes colindantes con los estados de Jalisco, Michoacán y Querétaro, ubicada en el centro geográfico de la República Mexicana.

Esta región se caracteriza por ser muy fértil, ubicándose gran parte de su territorio dentro de la cuenca del río Lerma-Santiago con su sistema de afluentes y en la cuenca del Alto Pánuco. De ahí que con cuatro grandes presas, la Solís, la de Allende, la Purísima y la Gavía, y la gran calidad de sus suelos, esta región ha logrado un óptimo desarrollo en agricultura y ganadería siendo una de las regiones mas importantes del país en estos aspectos.

En el aspecto industrial, el Plan Nacional de Desarrollo ubica a la región y en específico a la ciudad de León, como prioritaria para la localización de industrias que desconcentren el área metropolitana de la capital mexicana y como polo para aprovechar la economía de aglomeración optimizando los recursos, siendo designada la ciudad de León como centro de impulso industrial selectivo de consolidación, a Irapuato y Celaya, centro motriz para el impulso industrial regional, a Guanajuato, ciudad capital de ordenamiento y regulación, y al resto de las ciudades corredor industrial.

En el aspecto demográfico el estado de Guanajuato cuenta con una población de 3,982,593 habitantes (1990). Las principales ciudades de la región son: León con 867,920 hab; Irapuato con 362,915 hab; Celaya con 310,569 hab; Salamanca con 204,311 hab; y Guanajuato con 119,170 hab.

CARACTERISTICAS GENERALES DE INFRAESTRUCTURA

La región se encuentra ubicada en una de las zonas geográficas de la República Mexicana de gran importancia estratégica, en función de que es el paso obligado para las comunicaciones terrestres y ferroviarias que se dirigen hacia las regiones del noroccidente, norte y occidente de la República. Esto permite el desarrollo de su infraestructura de comunicaciones y transportes.

A nivel infraestructura las necesidades del estado y de la región son satisfechas en lo que respecta a caminos y ferrocarril, la conexión que se tiene con Guadalajara y la ciudad de México que son los centros más importantes del país, generan para la región y para el estado un servicio de intercambio con otras regiones y países de gran movimiento.

El sistema de comunicaciones por carretera consiste en una red de 5,200 km. De este total el 67% de los caminos son estatales y el 33% son federales. La red caminera interna conecta eficientemente con las carreteras federales que cruzan el estado y que son principalmente la México-Piedras Negras, México-Guadalajara y México-Cd. Juárez.

La red ferroviaria del estado es sumamente completa, con más de 1,000 km. Sus principales centros ferroviarios son: Empalme Escobedo en Comonfort, Irapuato y Acámbaro; y los principales ramales que cruzan el estado son: México-Acámbaro-Uruapan, México-Guadalajara-Nogales, México-Cd.Juárez-Laredo y Empalme Escobedo-San Luis Potosí-Tampico.

La infraestructura aeroportuaria con que cuenta el estado consta de 10 aeropistas y un aeropuerto. De las aeropistas tres de ellas son municipales, tres particulares y cuatro federales. Destacan las de Celaya y Guanajuato que cuentan con pistas de recubrimiento asfáltico, donde operan aeronaves del tipo DC-3. En las poblaciones de Acámbaro, Dolores Hidalgo y San Miguel Allende se cuenta con pistas de terracería.

Respecto al aeropuerto de tipo comercial operado por ASA, primeramente se tuvo el aeropuerto de la ciudad de León (San Carlos), que se ubicaba al sureste de la ciudad de León en el km 389 de la carretera Panamericana México-Cd.Juárez. Este aeropuerto, dio servicio regular de aviación comercial y aviación general a la ciudad de León y a la región, durante muchos años. Pero la actividad aérea fue aumentando hasta que la capacidad del aeropuerto llegó a ser insuficiente e inadecuada para las necesidades actuales, lo que llevó a la construcción del aeropuerto del Bajío (Guanajuato) en 1988, que es el que funciona actualmente.

Debido a la importancia que tuvo el aeropuerto de León (San Carlos), se hace una breve descripción de éste y de los motivos por los que tuvo que ser sustituido por el aeropuerto internacional de Guanajuato, que es el tema de este trabajo.

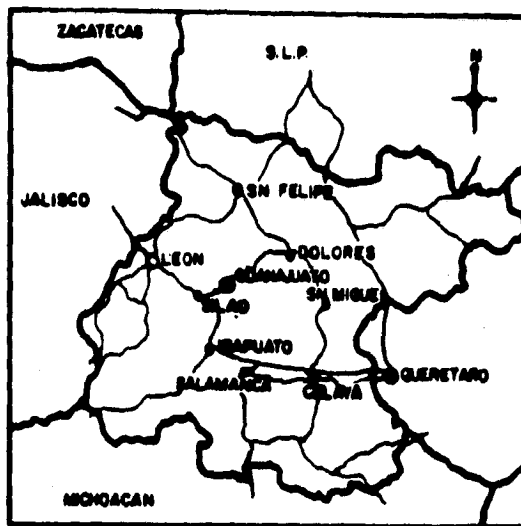
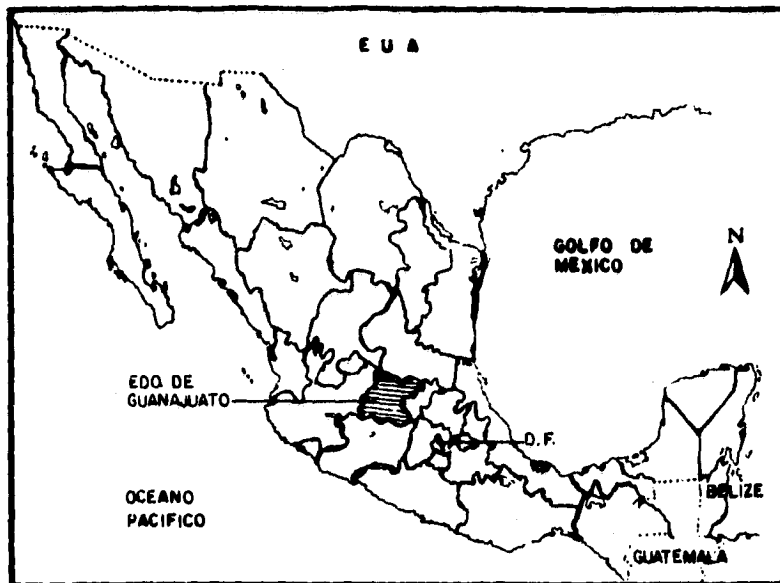


Figura 1.1 Ubicación y plano general del estado de Guanajuato.

AEROPUERTO DE LA CD. DE LEON (SAN CARLOS)¹

La actividad aérea de la ciudad de León ha tenido su ubicación en varios sitios: el primero de ellos data del año de 1920, en los albores de la aviación en el sitio que actualmente se conoce como "Colonia Arbide" y consistía solamente en una pista de terracería. Más tarde y debido al crecimiento demográfico de la ciudad, el aeropuerto fue trasladado a la zona conocida como los llanos de "Santa Rosa"; en este segundo sitio, no se operaba con eficiencia dado que en época de lluvias la zona se inundaba y no se podía utilizar la pista.

En el año de 1950 es cuando se construyó un nuevo aeropuerto en el sitio conocido como "San Carlos", y que operó hasta principios del año de 1990, cuando se sustituye por el Aeropuerto del Bajío, (actualmente Internacional de Guanajuato), ubicado en el sitio "Nuevo México", debido a que las necesidades de ampliación ya no tenían cabida en el sitio San Carlos, que desde su construcción se fue ampliando hasta no poder ya más rebasar los límites de su lindero.

El aeropuerto de León, (San Carlos), cuyo nombre oficial era el de "Aeropuerto de Sn. J. de Iturbide" se localizaba al Sureste de esta ciudad en las coordenadas Geográficas 21° 04' latitud norte y 101° 34' longitud oeste, a una altura de 1,837 m sobre el nivel del mar, ocupando una superficie de 71 ha, teniendo colindancia al norte con diferentes terrenos de propiedad privada, al oriente con el ejido de "La Loza", al sur con la carretera Panamericana y con otros terrenos de propiedad

1. En la actualidad, en los terrenos donde se ubicó el aeropuerto de Sn. Carlos, se estableció el cuartel general de la Policía Federal de Caminos de la región.

privada y al poniente con el poblado de "Lázaro Cárdenas" y con el ejido de "La Candelaria". El camino de acceso entroncaba con la carretera Panamericana México-Cd.Juárez, en el kilómetro 14 del tramo León-Silao.

Los elementos que conformaban el aeropuerto de León los podemos clasificar en cuatro grupos fundamentales, independientemente de los sistemas formales que conforman un aeropuerto. Estos eran: zona aeronáutica, zona terminal, instalaciones de apoyo e instalaciones de servicio.

Zona aeronáutica.- Esta zona constaba de una pista y una calle de rodaje: la pista tenía la orientación 09-27, fue construida con pavimento asfáltico flexible, y con una dimensión de 2,333 m de largo por 45 m de ancho; y el rodaje "a", de 75 m de largo por 32 m de ancho, con carpeta asfáltica flexible también.

Zona terminal.- La zona terminal, desplazada hacia la cabecera 09, se localizaba paralela al tercio de la pista y contenía dos plataformas: una para la aviación comercial con capacidad para dos aviones del tipo DC-9-30; y otra construida con pavimento de concreto hidráulico, para la aviación general con capacidad para estacionar 14 avionetas en forma simultánea.

Para la atención de los pasajeros se disponía de un edificio terminal de aproximadamente 1,000 m², construidos en planta baja. También se tenía un estacionamiento con capacidad para 90 vehículos y daba servicio tanto a pasajeros como a empleados.

Esta zona estaba conformada por los siguientes elementos: El edificio de servicios de la compañía Aeroméxico destinado al manejo de carga, bodega de refacciones y equipo de los aviones, comedor de empleados y oficina del jefe del aeropuerto y por otro lado cinco hangares diseminados en el sitio opuesto a la aviación general.

Instalaciones de apoyo.- Estas instalaciones estaban conformadas por la torre de control. El edificio destinado al Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios (CREI) para ofrecer seguridad y asistencia a las operaciones e instalaciones del aeropuerto en caso de siniestro. La zona de combustibles que disponía de una superficie de 706 m² en donde se instalaron 5 tanques para el almacenamiento de combustible y uno mas de agua. Los sistemas de ayudas visuales y radio ayudas que consistían en un equipo de sistema VASI ubicado en la cabecera 09, otro de sistema AVASIS que se ubicaba en la cabecera 27, además de los sistemas de iluminación como indicadores luminosos de umbral, luces de borde de pista y de la calle de rodaje, luz de plataforma, y luces rojas indicadoras de extremo de pista.

Por otro lado, para el apoyo de la navegación aérea existía un sistema VOR, cuyas instalaciones se ubicaban a la altura media de la pista, al sur, además de conos de viento, pintura reflejante en los pavimentos para señalamiento horizontal y señales de lamina para el señalamiento vertical.

Instalaciones de Servicio.- Estas consistían principalmente en el camino de acceso al aeropuerto de 305.5 m de longitud, de carpeta asfáltica que lo comunicaban con la carretera Panamericana, y para la vigilancia del aeropuerto existía un camino perimetral alrededor del lindero de 6 km de longitud y 3 m de ancho, de terracería.

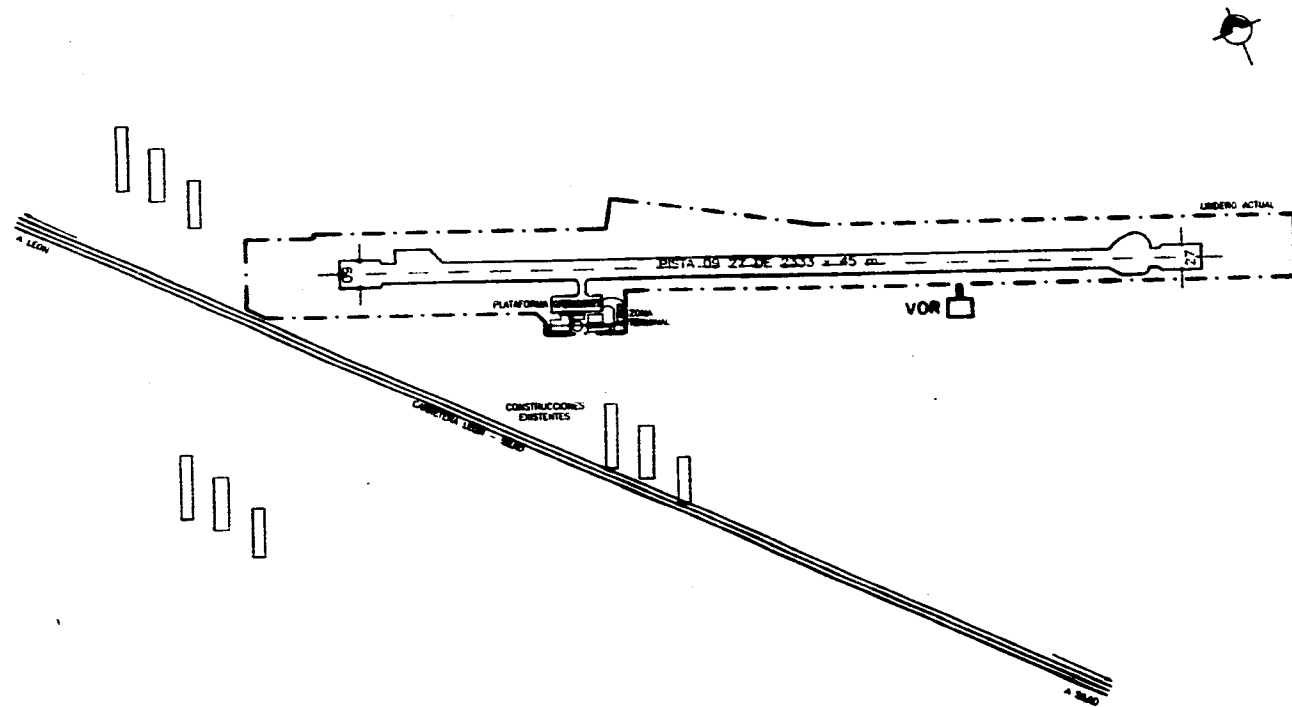


Fig. 1.2. Aeropuerto de Sn.Carlos

NECESIDAD DE UN NUEVO AEROPUERTO

La creciente actividad industrial de la ciudad de León, se ha reflejado en un incremento sustancial de la demanda de tránsito aéreo de largo alcance para comunicar a la zona del Bajío con otros centros productivos y turísticos.

1) Análisis de la demanda.

Tomando en cuenta esta demanda, la Dirección General de Aeropuertos comenzó en el año de 1984 los estudios que generaron el plan maestro del aeropuerto de Guanajuato, cuyo resultado definió la necesidad de comunicar a las poblaciones situadas dentro del área de influencia del aeropuerto (León, Guanajuato, Irapuato, y Salamanca) con las ciudades de Monterrey, Mazatlán, Manzanillo, Puerto Vallarta, Tijuana y México con servicio de transporte aéreo troncal y con servicio de transporte aéreo regional a las ciudades de Querétaro, San Luis Potosí, y Guadalajara. En esas fechas (1984) únicamente existía la ruta México-León-México, para 1985 se aumentan los destinos, con vuelos a las ciudades de Guadalajara, Monterrey, y Mazatlán, esto incrementó la actividad aérea 1.5 veces con respecto a los pasajeros atendidos el año anterior, lo cual demostró la necesidad del transporte aéreo con otros puntos del país, principalmente con destinos de playa y poblaciones de intensa actividad comercial.

Ante el incremento de la actividad aérea que se vino presentado desde el año de 1985, se hicieron diversos estudios encaminados a conocer la actividad aérea que se tenía con los destinos ampliados y su impacto respecto a la capacidad del aeropuerto. Por otro lado, en base a diversos estudios que abarcaban una serie de análisis muy variados respecto a las actividades económicas que se presentaban en

la región, y también en base a los antecedentes del aeropuerto, se hicieron diferentes pronósticos del crecimiento de la actividad aérea que permitieran predecir las necesidades aeroportuarias que se iban a tener en un futuro. Todo da origen a que se elabore el Plan Maestro del Aeropuerto del Bajío publicado en el año de 1987.

Para el año de 1987 el aeropuerto estaba enlazado con los siguientes destinos en las siguientes frecuencias: Guadalajara 4 vuelos a la semana, Mazatlán 7 vuelos a la semana (1 diario), México 14 vuelos a la semana (2 diarios), Monterrey 8 vuelos a la semana y Puerto Vallarta con 3 vuelos a la semana, de éstos, el de Mazatlán hacía conexión con Tijuana y Los Angeles, y el de Pto. Vallarta con Houston.

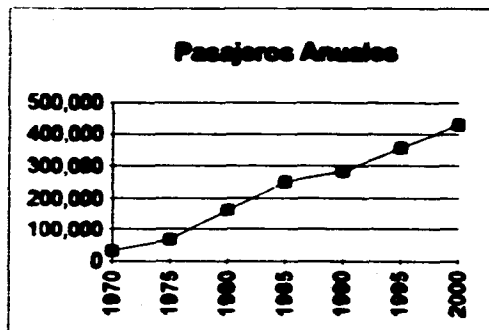
Al analizar el comportamiento histórico de la actividad aérea se observa que del período de 1967 a 1981, la aviación comercial presentó un importante crecimiento que se estabilizó durante la década de los ochentas.

De acuerdo a estas tendencias de crecimiento, se realizó el pronóstico de la actividad aérea que según se había previsto se presentaría de los años 1986 al año 2000. El pronóstico de pasajeros anuales se obtuvo en forma relativa, es decir se dividieron los datos estadísticos del aeropuerto entre los datos estadísticos totales nacionales (suma de todos los aeropuertos) con lo que se obtuvo la participación porcentual. Este porcentaje se pronosticó mediante el ajuste a una curva potencial y resultó el pronóstico del aeropuerto en forma relativa. Estos pronósticos forman parte del plan maestro del aeropuerto del Bajío que se publicó en el año de 1987, y estos contienen información estadística hasta el año de 1985. (Figuras 1.3 y 1.4).

Aeropuerto del Bajío, (actualmente Internacional de Guanajuato)
Promético de pasajeros y operaciones anuales.(1985)
 Datos estadísticos hasta 1985.

PASAJEROS

Aviación Comercial						
Año	Nacional	Tránsito	Internacional	Regional	Total	Total Pasajeros
1970	25,544	2,324	-	983	27,851	33,288
1975	49,671	5,163	-	1,990	56,824	68,109
1980	124,247	197	-	6,023	130,476	163,969
1985	206,100	20,286	-	2,104	228,490	251,719
1990	208,794	31,705	13,793	3,088	276,662	283,987
1995	259,013	38,453	29,207	3,935	330,608	356,247
2000	209,232	45,432	40,158	4,728	399,604	430,657

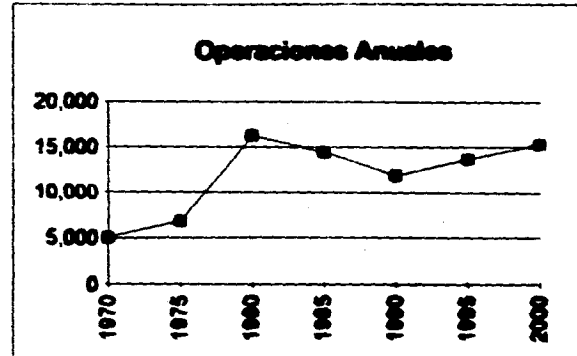


(Figura 1.3)

Aeropuerto del Bajío, (actualmente Internacional de Guanajuato)
Proycción de pasajeros y operaciones anuales.(1985)
 Datos estadísticos hasta 1985.

OPERACIONES ANUALES

Año	Aviación Comercial			Aviación General		Total Operaciones
	Nacional	Internacional	Regional	Total	Total	
1970	728	-	715	1,443	3,574	5,017
1975	840	-	825	1,665	5,122	6,787
1980	1,493	-	2,346	1,839	12,427	16,266
1985	3,230	-	982	4,212	10,254	14,466
1990	3,902	208	1,145	5,250	6,667	11,917
1995	4,780	312	1,256	6,348	7,364	13,712
2000	5,646	312	1,364	7,322	8,009	15,331



(Figura 14)

Por otro lado en el plan también se pronosticaron las rutas aéreas, para lo cual se apoyaron en el método de correlación por llamadas telefónicas, definiéndose primeramente los municipios que están comprendidos dentro del área de influencia del aeropuerto y así definir las llamadas telefónicas que partían desde esos municipios al país y obtener de esa manera los intereses de tránsito, proporcionados por teléfonos de México.

Los municipios que forman parte de las zonas de influencia del aeropuerto se dividieron en 2 zonas, en torno a su proximidad con éste. La zona uno abarcaba las ciudades de León, Silao, Guanajuato, Irapuato, San Francisco del Rincón y Romita; la zona dos las de Salamanca, Dolores Hidalgo, San Miguel de Allende, Abasolo y Lagos de Moreno en el estado de Jalisco.

En función de esta metodología de análisis, se pronosticó que del total de pasajeros que atendería el aeropuerto, el 65% tendría como destino la ciudad de México, el 16% la ciudad de Guadalajara y el 12% la ciudad de Monterrey, el restante 7% se repartía entre las ciudades de Lázaro Cárdenas, Monclova, Morelia, Nuevo Laredo, Piedras Negras, Puebla, San Luis Potosí y Tampico.

En el plan se pronosticó que las rutas troncales de 1987, ya mencionadas anteriormente, iban a permanecer igual, y únicamente se incrementarían las frecuencias en el transcurso de los años; y en el caso de las rutas regionales éstas se incrementarían específicamente hacia las ciudades de Morelia, Puebla y San Luis Potosí.

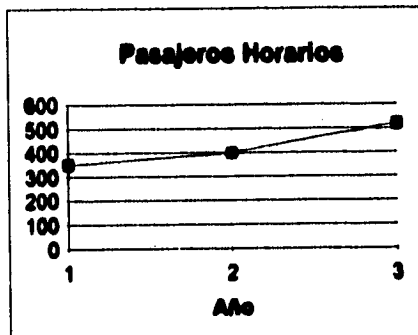
Finalmente cabe mencionar los pronósticos de las perspectivas de movimiento en el lapso de máxima demanda que se hicieron en el plan maestro. Estos pronósticos que se hicieron en 1985, proporcionan las estimaciones que se tienen para Pasajeros horarios y Operaciones horarias para los años de 1990, 1995 y 2000. Es importante observar que estas cifras se obtuvieron al considerar para el año 1990 un total de 76 operaciones comerciales semanales; del orden de 90 en el año 1995 y hacia el año 2000 se consideraron 106 operaciones semanales. (Figuras 1.5 y 1.6)

Pronosticos de movimiento en el lapso de máxima demanda

Pasajeros horarios

(Figura 1.5)

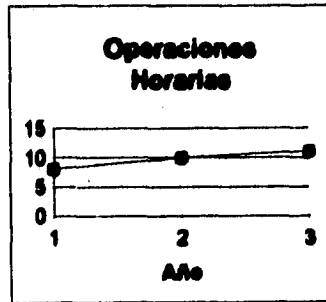
Año	Aviación Comercial		Aviación General	Total Combinado
	Nacional	Internac.		
1990	330	130	330	330
1995	330	150	400	400
2000	480	170	36	520



Operaciones horarias

(Figura 1.6)

Año	Aviación Comercial	Aviación General	Total Combinado
1990	5	3	8
1995	6	4	10
2000	7	5	11



II) Estrategia de desarrollo. (Planificación)

De acuerdo al proceso metodológico de planificación aeroportuaria, una vez obtenidos los pronósticos de actividad aérea es posible plantear la estrategia de desarrollo del aeropuerto, cuyo objetivo primordial es definir el uso racional del suelo, tomando en consideración el medio ambiente, conjugando las necesidades de la demanda con las posibilidades de ampliación, buscando el equilibrio del sistema aeroportuario con su entorno y con cada una de las instalaciones que conforman su infraestructura.

Ante las necesidades aeroportuarias que se presentaban en la región, primeramente se vio la posibilidad de ampliar el aeropuerto sitio "San Carlos", el cual necesitaba tener importantes modificaciones en su infraestructura, para aumentar la capacidad de las instalaciones.

Para que las aeronaves operaran en el aeropuerto sin restricciones, se requería contar con una pista de 3,500 m de largo y 45 m de ancho, por lo que la pista de 2,333 m de largo y 45 m de ancho que existía hubiera tenido que ampliarse en su longitud 1,167 metros; hecho imposible de realizar, debido a que existían obstáculos orográficos al sureste del aeropuerto. Por otra parte al noroeste existía infraestructura consistente en líneas de alta tensión, teléfono, telégrafo y obstáculos, así como, la carretera Panamericana Ciudad de México-Ciudad Juárez, cuya desviación significaría un alto costo económico y social.(Fig. 1.7)

Otro aspecto de tomar en cuenta era que el aeropuerto no cumplía con las normas dictadas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), referentes a los anchos de franjas de seguridad, distancias mínimas del eje de la pista a linderos, plataformas y edificio terminal. No obstante que contaba con una radioayuda NBD, su geometría correspondía a la de un aeropuerto de operaciones visuales.

Analizando las operaciones aeronáuticas con el criterio de vuelos por instrumentos, se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los despegues por la cabecera 09 eran posibles, aunque la línea de energía eléctrica situada paralelamente a la Carretera León-Silao sobrepasaba la superficie imaginaria que debe estar libre de obstáculos.

- Los despegues por la cabecera 27 eran posibles, aunque la superficie de aproximación se encontraba limitada debido a los obstáculos orográficos cercanos.

- Las aproximaciones por la cabecera 09 también se encontraban fuera de normas, debido a la línea de conducción eléctrica y telefónica, así como la carretera León-Silao, eran los obstáculos que limitaban las superficies de aproximación.

- Las aproximaciones por la cabecera 27 se efectuaban dentro de las normas, a pesar de las elevaciones de los obstáculos naturales, siendo que las superficies de protección se encontraban en el límite.

- En cuanto al sistema pista-rodajes, las operaciones estaban limitadas al uso de aviones tipo F-27 y DC-9-30 teniendo la pista una clasificación 3 de acuerdo a la OACI que hacía imposible la operación de aviones tipo B-727-200, MD-80, o mayores.

Además de las anteriores consideraciones, la tendencia de crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de León hacia el aeropuerto, definía una clara conurbación ciudad-aeropuerto para finales de éste siglo, por lo que las aeronaves de turborreactores afectarían por ruido a los habitantes de ésta ciudad, además de otros problemas que se hubieran presentado.(Fig. 1.7)

Los estudios que se llevaron a cabo llegaron a la conclusión de que el aeropuerto debía ser reubicado. Para encontrar el sitio ideal en donde se podía edificar el nuevo aeropuerto, se realizó una serie de estudios y análisis variados de planeación.

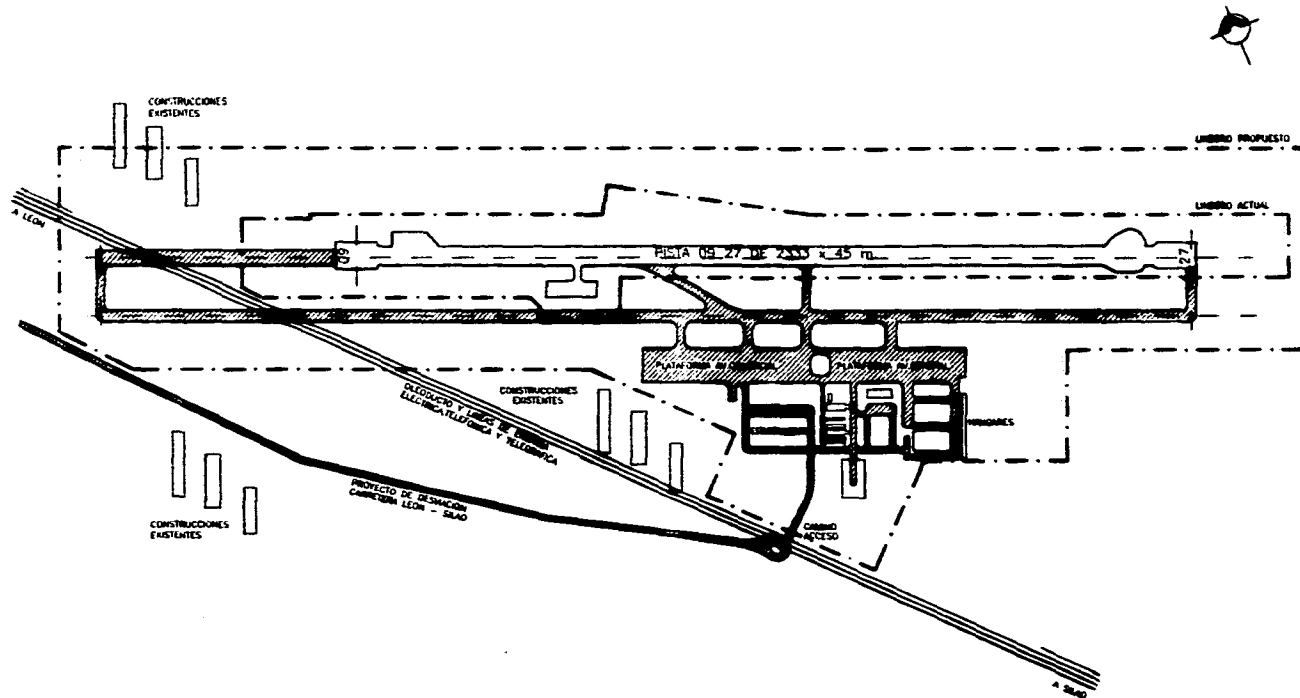


Fig. 1.7. Posibilidad de ampliación del aeropuerto de Sn.Carlos

En forma resumida, la metodología para el proyecto de los sistemas aeroportuarios recomienda que para encontrar el sitio idóneo donde se va a localizar un aeropuerto, se deben cumplir los siguientes requisitos:

- 1.- Tener una extensión de terreno que tenga una serie de características particulares.**
- 2.- Hacer una evaluación respecto a los factores relativos a los posibles sitios.**
- 3.- Hacer estudios previos en planos de las posibles ubicaciones.**
- 4.- Hacer estudios de impacto ambiental para cada uno de los posibles sitios.**
- 5.- Hacer una inspección física de cada una de las posibles ubicaciones y examinarlas.**
- 6.- Preparación de planos esquemáticos y cálculo de costos para cada sitio.**
- 8.- Evaluación y selección definitiva de la ubicación.**
- 9.- Hacer un informe definitivo con recomendaciones**

Para el caso de los incisos "1" y "2", se deben de hacer una serie de estudios y análisis en particular para satisfacer los aspectos técnicos que se van a requerir en el aeropuerto en cuestión. Estos aspectos son:

Para el inciso 1.

- 1) Longitud de la pista.**
- 2) Orientación de la pista.**
- 3) Número de pistas.**

Para el inciso 2.

- 1) Actividad aeronáutica.**
- 2) Desarrollo de la zona circundante al posible sitio.**

- 3) **Condiciones atmosféricas del posible sitio.**(Estudios Meteorológicos que determinen las condiciones de Niebla, Vientos, Temperaturas, Lluvias, Humos, etc.)
- 4) **Accesibilidad al transporte de superficie.**
- 5) **Disponibilidad de terrenos.**
- 6) **Topografía del posible sitio.**
- 7) **Medio ambiente.**
- 8) **Existencia de otros aeropuertos alternos.**
- 9) **Disponibilidad de servicios. (agua, energía eléctrica etc.).**
- 10) **Consideraciones operacionales de las aeronaves.**

Para el caso del aeropuerto del Bajío, dentro del análisis de su inminente reubicación, en su plan maestro, se maneja la metodología antes mencionada de una forma más simplificada. En este caso se consideraron los siguientes aspectos:

- A) **Disponibilidad del espacio aéreo libre de obstáculos.**
- B) **Tendencia de la expansión urbana.**
- C) **Estadística de régimen de vientos y temperatura.**
- D) **Posibilidad de disponer de terreno para ampliaciones futuras.**
- E) **Impacto ambiental.**
- F) **Reducción de riesgos potenciales.**
- G) **Costo de terrenos.**
- H) **Disponibilidad de infraestructura para comunicar el aeropuerto con la ciudad.**

Habiendo analizado estos aspectos se definieron dos sitios como los más viables, el "Romita" y el "Nuevo México".

Sitio Romita.- Se localiza al sureste del poblado Romita a una distancia de 44 km de la ciudad de León, este sitio aún cuando cumplía con las características adecuadas de espacios aéreos, no hubiera sido conveniente ubicar aquí el aeropuerto ya que los terrenos son de alto rendimiento de producción agrícola.

Sitio Nuevo México.- Este sitio se localiza a 23 km de la ciudad de León, rumbo a Silao, este sitio presentó buenas condiciones para la construcción del nuevo aeropuerto del Bajío (Guanajuato). En este sitio el uso del suelo era de baja producción agrícola, debido a que los cultivos eran de temporal. Por otro lado la construcción del aeropuerto en este sitio permitía atender estratégicamente a las ciudades de León, Guanajuato, Irapuato y Salamanca por su ubicación. Finalmente fue este el sitio que se eligió para la construcción del aeropuerto del Bajío.

CONCLUSIONES

Resumiendo lo expuesto anteriormente; para la reubicación del aeropuerto del Bajío se propusieron dos sitios posibles. Estos sitios eran el "Romita" y el "Nuevo México". Ambos sitios cumplían con las características adecuadas de espacios aéreos y con la superficie de terreno suficiente para ubicar al aeropuerto; pero se optó por el sitio "Nuevo México" por que el "Romita" tenía terrenos de alta producción agrícola y el "Nuevo México" no. Además el "Nuevo México" tenía mejor ubicación que el "Romita", respecto a las principales ciudades del estado, y los terrenos aledaños al sitio desocupados para expansiones futuras del aeropuerto.

Una vez definido el sitio del nuevo aeropuerto; para planear el desarrollo adecuado de las instalaciones que va a tener, se tomó en cuenta el volumen de la demanda de transporte aéreo que se obtuvo mediante las estadísticas y pronósticos que se mencionaron anteriormente. Esto permite determinar la capacidad de sus instalaciones y prever cuando se van a saturar, de tal forma que mediante la búsqueda del equilibrio de los elementos que componen al sistema aeroportuario se impida que disminuya la calidad del servicio, en cualquiera de sus elementos (pista, plataforma, edificio terminal, servicios, elementos de seguridad, etc).

Ante estas consideraciones, las instalaciones del aeropuerto internacional de Guanajuato se planearon para tener un crecimiento por etapas que se van a ir dando cuando se hayan saturado los diferentes elementos que lo conforman, a lo largo del tiempo.

La construcción de la primera etapa del aeropuerto, se inició en el mes de diciembre de 1984 y el aeropuerto se puso en operación de forma oficial el año de 1990, esta primera etapa se caracteriza por ser en la que se construye y opera un aeropuerto nuevo. La segunda etapa fue planeada para el año de 1995, por lo que los trabajos de construcción comenzaron en 1994. La tercera etapa se prevé que sea para el año 2000. La segunda y tercera etapa son para ampliar algunos de los elementos ya existentes del aeropuerto.

Por último cuando se inauguró el aeropuerto, recibió el nombre oficial de "Aeropuerto del Bajío", y en el año de 1992 este fue cambiado por el de "Aeropuerto de Guanajuato" por razones sociopolíticas; actualmente su nombre

oficial es el de "Aeropuerto Internacional de Guanajuato".

Glosario.

- **AVASIS.** Sistema de ayudas visuales ubicado en la cabecera de la pista, que indica la pendiente de aproximación de la aeronave.

- **Aviación Comercial.** Aviación establecida destinada a dar servicio de transporte de pasaje y carga de forma comercial. Lo más usual es que sea itineraria, y de servicio regular; además de que generalmente usa las aeronaves de mayor capacidad.

- **Aviación General.** Aviación destinada a dar servicio a particulares en función de sus intereses. Esta no tiene ningún itinerario y generalmente los particulares son propietarios de las aeronaves donde lo más común es que estas sean de tamaño pequeño.

- **NBD.** Faro electrónico similar al VOR pero más rudimentario.

- **VASI.** Sistema de ayudas visuales ubicado en la cabecera de la pista, que permite la aproximación y contacto con la pista en el lugar adecuado. (VASI y AVASIS dejarán de usarse el 01/01/95 por disposición de la OACI).

- **VOR.** Faro electrónico que emite señales radiales para que las aeronaves se guíen. (Ver capítulo II).

CAPITULO II

SITUACION ACTUAL DE LA INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA.

La construcción del aeropuerto internacional de Guanajuato comenzó a mediados de los años ochenta; este se concluye y entra a operar de manera oficial en Febrero de 1990. De esta fecha a la actualidad, el aeropuerto ha tenido pocas modificaciones, presentándose estas solamente en el edificio terminal. En el año de 1994 comenzaron las obras de la segunda etapa de desarrollo como se sugiere en el plan maestro de 1987. Estas ampliaciones son para cubrir de una forma eficaz la demanda actual que se está presentando y que no se sature el aeropuerto; las obras de esta etapa se comenzaron en junio de 1994. En estas obras se esta ampliando la plataforma de operaciones de la aviación comercial y el edificio terminal.

PROYECTO Y CONSTRUCCION DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE GUANAJUATO HASTA SU SITUACION ACTUAL

En esta parte de la tesis se analizará el proyecto y la construcción de los sistemas que conforman el aeropuerto hasta la actualidad, sin considerar la construcción de las ampliaciones actuales correspondientes a la segunda etapa.

Características del sitio Nuevo México.

El sitio Nuevo México se localiza a 23 km al sureste de la ciudad de León y a 7 km de la ciudad de Silao, en las coordenadas geográficas **20° 59' 13"** de latitud norte y

101° 59' 39" de latitud oeste, a una altura de 1,873 m sobre el nivel del mar a un costado de la carretera Panamericana México-Cd. Juárez. El sitio colinda al noroeste, norte, noreste y este con la línea de ferrocarril México-Cd. Juárez-Laredo en su tramo de Irapuato a León, y al sur, suroeste y oeste con la carretera Panamericana México-Cd. Juárez, teniendo aledañas en su lindero a las poblaciones de Nvo. México, Sn. Miguel del Arenal Y Mexquite de Sotelo.

La superficie del terreno donde se ubica el aeropuerto del Bajío actualmente tiene una extensión de **393 hectáreas**. Las temperaturas medias extremas registradas en el sitio son de **31.0 °c** como máxima y de **7.0 °c** como mínima, y la temperatura de referencia (o temperatura de diseño) es de **31.0 °c**.

D. Sistema Aeronáutico.

El sistema aeronáutico está conformado por la pista de aterrizaje, calles de rodaje y gotas de retorno. Como se mencionó anteriormente, uno de los aspectos técnicos principales del proyecto aeroportuario es la del diseño de la zona aeronáutica, cuya parte medular es la pista o las pistas donde se van a realizar las operaciones aéreas. Esto implica determinar el número de pistas, su ubicación, su orientación, su longitud y el tipo de pavimento que tendrán. Todo esto, está directamente relacionado con los siguientes aspectos:

- 1.- La elección del sitio donde se va a construir el aeropuerto, implica disponer de espacios aéreos libres de obstáculos.(Ubicación)**

- 2.- Estudios del comportamiento de los vientos y de las características atmosféricas del lugar.(Orientación)**
- 3.- El tipo de aeronaves que van a operar, para determinar las características que debe tener la pista.(Longitud y Pavimento)**
- 4.- La demanda que va a tener el aeropuerto respecto al número de operaciones y de pasajeros que se van a tener en un tiempo determinado.(No. de Pistas)**

Ubicación y Orientación de la pista.

La ubicación y la orientación de la pista de un aeropuerto son dos conceptos que van estrechamente ligados en su proyecto o diseño. El primer paso que se lleva a cabo es el de encontrar la orientación de la pista, por medio de estudios sobre comportamiento de los vientos en el sitio.

Estos estudios consisten en recabar y evaluar la información estadística que se obtiene al medir la intensidad y la dirección predominante de los vientos en el lugar, en por lo menos 5 años. Para hacer este tipo de mediciones se utilizan dos rosas de vientos de 16 direcciones o picos; una para vientos directos y otra para vientos cruzados. En éstas se recopila la información del porcentaje de tiempo que predomina un viento para cada dirección y su intensidad. (Figura 2.1)

LA PISTA	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
% vientos	11	08	11	09	12	07	06	04	04	05	10	10	04	10	04	02	02	01	02	04	02	02	01	02	02	02	02	02	02	01	07	10	04
Total	0653	0670	0774	0609	0700	0534	0525	0454	0471	0629	0706	0488	0705	0524	0480	0401	0371	0411	0710	0411	0411	0311	0411	0411	0411	0411	0411	0411	0411	0411	0411	0411	

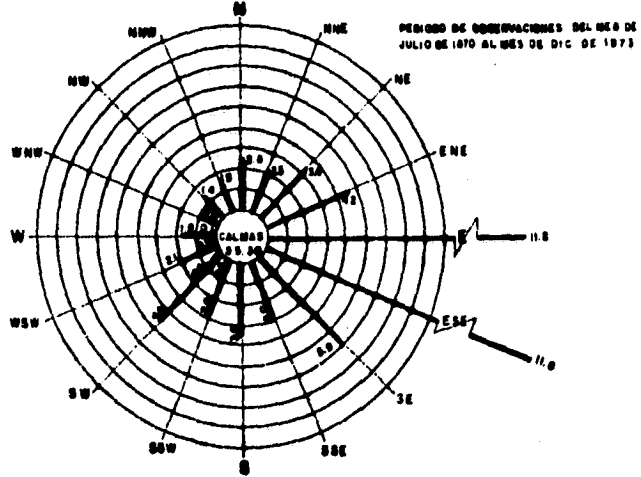


Fig.1.1 Rosa de vientos para vientos directos

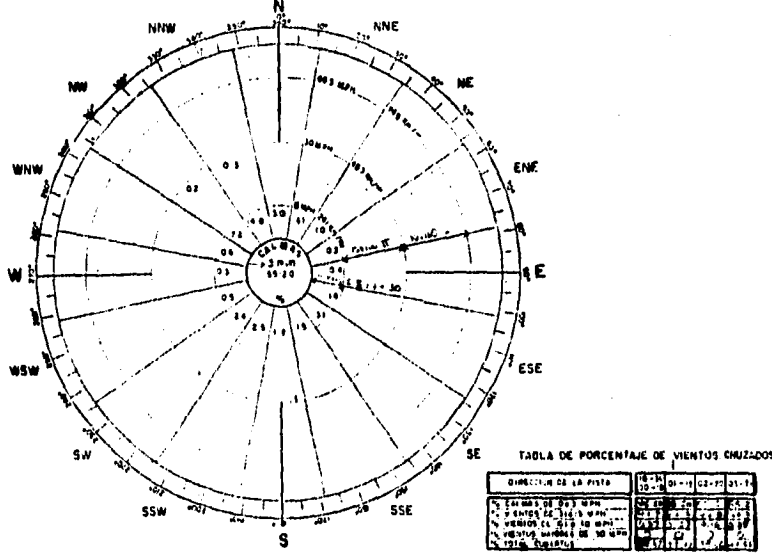


Figura 2.1 Ejemplos de rosas de vientos directos y cruzados para diseño.

Una vez que se tiene la información necesaria para determinar la orientación de la pista, primero se procede a determinar la dirección en la que predominan los vientos cruzados. El criterio de diseño indica que una dirección va ser preferente en caso de que ocupe mas del 95% de ocurrencia. Si varias direcciones predominan y cumplen con mas del 95% de las observaciones en la rosa de vientos cruzados, se procede a determinar la orientación en la rosa de vientos directos. En esta se va a tomar la dirección que tenga el mayor porcentaje de ocurrencia.

En el caso de que un aeropuerto vaya a requerir más de una pista, esta segunda pista puede estar orientada a la segunda dirección de ocurrencia de los vientos. En un aeropuerto de dos o mas pistas estas pueden tener diferentes orientaciones ya sea paralelas, en V, cruzadas, etc; esto se da según las necesidades del proyecto. Después de haber definido la orientación de la pista en función de los estudios de vientos, se procede a revisar que esta cumpla con las especificaciones de espacios aéreos, tomando en cuenta que se van a presentar obstáculos físicos (cerros, montañas, construcciones). Es común que la orientación (obtenida por estudios de vientos) sea modificada al hacer esta revisión.

Los espacios aéreos son planos imaginarios que delimitan los obstáculos y la actividad aérea en la proximidad de un aeropuerto. Estas superficies delimitadoras están determinadas en normas de la OACI y sirven para darle seguridad a las operaciones aéreas. Estas se clasifican de la siguiente forma, (anexo 14 de la OACI):

Una vez que se tiene la información necesaria para determinar la orientación de la pista, primero se procede a determinar la dirección en la que predominan los vientos cruzados. El criterio de diseño indica que una dirección va ser preferente en caso de que ocupe mas del 95% de ocurrencia. Si varias direcciones predominan y cumplen con mas del 95% de las observaciones en la rosa de vientos cruzados, se procede a determinar la orientación en la rosa de vientos directos. En esta se va a tomar la dirección que tenga el mayor porcentaje de ocurrencia.

En el caso de que un aeropuerto vaya a requerir más de una pista, esta segunda pista puede estar orientada a la segunda dirección de ocurrencia de los vientos. En un aeropuerto de dos o mas pistas estas pueden tener diferentes orientaciones ya sea paralelas, en V, cruzadas, etc; esto se da según las necesidades del proyecto. Después de haber definido la orientación de la pista en función de los estudios de vientos, se procede a revisar que esta cumpla con las especificaciones de espacios aéreos, tomando en cuenta que se van a presentar obstáculos físicos (cerros, montañas, construcciones). Es común que la orientación (obtenida por estudios de vientos) sea modificada al hacer esta revisión.

Los espacios aéreos son planos imaginarios que delimitan los obstáculos y la actividad aérea en la proximidad de un aeropuerto. Estas superficies delimitadoras están determinadas en normas de la OACI y sirven para darle seguridad a las operaciones aéreas. Estas se clasifican de la siguiente forma, (anexo 14 de la OACI):

- **Superficie Horizontal Interna.-** Es la superficie situada en un plano horizontal sobre un aeropuerto y sus alrededores que limita la altura de obstáculos; ésta se mide sobre un punto de referencia que es el punto del terreno mas elevado dentro del aeropuerto.

- **Superficie Horizontal externa.-** Esta superficie no siempre se especifica, solo en casos muy especiales de sitios con condiciones operativas difíciles y próximas a zonas habitadas.

- **Superficie de Aproximación.-** Plano inclinado de forma trapezoidal que inicia a partir del borde de la cabecera de la pista y su ancho se incrementa de forma ascendente. Este plano se segmenta en tres secciones con diferente longitud y pendiente.

- **Superficie de Transición.-** Superficie compleja que se extiende a lo largo del borde de la franja y parte del borde de la superficie de aproximación de pendiente ascendente hacia afuera hasta la superficie horizontal interna.

- **Superficie Cónica.-** Superficie de pendiente ascendente que se extiende hacia afuera desde la superficie horizontal interna.

- **Superficie de Ascenso en el Despegue.-** Superficie opuesta a la superficie de

aproximación de forma geométrica similar pero con diferentes especificaciones de pendiente y longitud.

Existen otras superficies que son usadas en aeropuertos cuyas pistas cuentan con equipo de aproximación de precisión; estas superficies son: Superficie de aproximación interna, superficie de transición interna y superficie de aterrizaje interrumpido.

Las dimensiones de estas superficies varían según la clave con la que se haya asignado al aeropuerto. Esta clave se determina en base a la longitud de la pista y las dimensiones de las aeronaves que operaran en esta. Las claves con las que se asigna el aeropuerto en función de la longitud de su pista son las siguientes:

Número de Clave	Longitud de Pista
1	Menos de 800 m
2	De 800 a 1200 m
3	De 1200 a 1800 m
4	De 1800 m en adelante

Otro elemento que se considera para determinar las dimensiones de las superficies es el tipo de aproximación con la que se guiarán las aeronaves hacia el aeropuerto. El tipo de aproximación depende del equipo de navegación aérea con que se cuente en éste. En función de estos equipos y del tipo de aproximación, un aeropuerto se clasifica de la siguiente forma según la OACI:

		<u>Equipo</u>	<u>Número de Clave</u>
	Aproximación visual	---	1, 2, 3, 4
Clasificación de las pistas	Aproximación que no sea de precisión	VOR/DME	1.2, 3, 4
	Aproximación de Precisión	ILS ó MLS	1.2, 3.4

Los equipos de ayuda a la navegación, son instrumentos que auxilian a las aeronaves en las operaciones, sobretodo en condiciones meteorológicas extremas. Estos han permitido incrementar el tráfico aéreo, favoreciendo a la industria aeronáutica. El número de clave indica el tipo de aeronave que va a operar en el aeropuerto y el equipo respectivo con que contará. Esto va a depender de la importancia de éste, en función de la actividad aérea y demanda que presente, éstos equipos pueden llegar a ser muy sofisticados, pero también hay aeropuertos que se bastan con los sistemas de aproximación visual y los equipos de aeronavegación básicos, este es el caso de los aeropuertos de aviación general. En el caso de los aeropuertos de aviación comercial si se requieren éstos equipos que se describen a continuación:

- VOR/DME .- Faro electrónico que emite una señal radial que guía a los pilotos, además de que les proporciona la dirección y la distancia a la que se encuentran del aeropuerto. Este equipo también se usa para indicar las rutas aéreas, por lo que también se instalan fuera de los aeropuertos.

- ILS .- Equipo electrónico que permite aterrizar por instrumentos a una aeronave. Estos equipos permiten aterrizar en condiciones meteorológicas extremas y de visibilidad mínima. La Precisión de éstos equipos varía según las necesidades del aeropuerto en cuestión. Estos equipos son muy costosos y generalmente están instalados en aeropuertos grandes de mucha actividad aérea, como el de la ciudad de México.

Una vez que se determina la ubicación que va a tener la pista, se procede a denominarla. La denominación de una pista tiene dos números que significan su orientación de acuerdo a la rosa de vientos, cada número significa un rumbo y siempre los dos números van a indicar rumbos opuestos.

La denominación va a ser el valor en grados de los dos rumbos opuestos dividido entre diez. La orientación se mide de 0 a 360 grados, en el sentido de las manecillas del reloj, y el norte siempre se toma como origen.

En el caso del Aeropuerto internacional de Guanajuato, para la demanda esperada se estimó que con una pista sería suficiente para satisfacer las necesidades. La pista que es la que existe actualmente se proyectó y se construyó con las siguientes características técnicas:

-- Denominación y orientación de la pista: 13 - 31

-- Clasificación de la pista: **Aproximación no de precisión**
Número de clave 4

-- Equipos de ayuda a la navegación: **VOR - DME**

-- Características de las superficies limitadoras de obstáculos (OACI):

1) Cónica. Pendiente: **5 %**
Altura: **100 m**

2) Horizontal Interna. Altura: **45 m**
Radio: **4,000 m**

3) Aproximación. Longitud borde Interior: **300 m**
Distancia desde el umbral: **60 m**
Divergencia (a cada lado): **15 %**

Secciones:	1a.sección	2a.sección	3a.sección
Longitud	3,000 m	3,600 m	8,400 m
Pendiente	2 %	2.5 %	-
Long. Total	-	-	1,500 m

4) De Transición. Pendiente: **14.3 %**

Concluyendo respecto a la orientación que se le dio a la pista, en base a los estudios de vientos y de espacios aéreos la orientación de la pista es la más adecuada, pero el único inconveniente que tiene ésta es que la ciudad de Silao que se ubica muy cerca del aeropuerto queda por debajo de la superficie de aproximación, por lo que en esta ciudad debe haber una serie de restricciones respecto a la construcción de estructuras altas y esto puede afectar su desarrollo.

Dimensiones de la pista.

La dimensión de la pista está estrechamente relacionada con el tipo de aeronaves que van a operar en ésta influyendo básicamente en su longitud, ancho, tipo y espesor de su pavimento, ya que se diseña de acuerdo a la aeronave más crítica para su operación en el aeropuerto.

Para esto, los fabricantes de aeronaves, proporcionan dentro de los manuales técnicos, las especificaciones de operación de éstas. Dentro de éstas especificaciones, se encuentran unas en las que se indica la longitud de pista que va a requerir para operar la aeronave para ciertas condiciones. Estas condiciones, están relacionadas directamente con la altitud sobre el nivel del mar del aeropuerto y con la temperatura ambiente de este.

Para el caso de la aviación comercial la OACI ha recopilado la información de cada aeronave, y ha estandarizado la forma de presentar estas especificaciones en unas gráficas. Estas gráficas que proporcionan los fabricantes se usan directamente para diseñar la longitud de pista con las características del avión de diseño y del aeropuerto en cuestión. Cabe mencionar que los aviones que se usan para hacer este tipo de diseño, son los comerciales de gran capacidad (Aviones grandes).

En el diseño de la longitud de pista procede de la siguiente forma:

- 1) En una primera gráfica hay que determinar el peso máximo de despegue de la aeronave de diseño en función de la temperatura de referencia (o de diseño),

Una vez que se obtiene la longitud de la pista se procede a obtener su ancho, los anchos de pista se encuentran estandarizados en normas de la OACI en función de la aeronave de diseño. A la pista se le asigna una clave numérica según su longitud, y una letra clave según la envergadura de la aeronave de diseño, y según su letra clave y su clave numérica se le asigna un ancho que está regulado por la tabla de anchos de pista de la OACI.

En el caso del aeropuerto del Bajío, para proyectar la longitud de su pista se utilizó como avión de diseño el MD-80. Este avión tiene las siguientes características:

MD-80

-- Envergadura (Ancho entre punta de ala y punta de ala):	32.87 m. (107'10")
-- Longitud de la aeronave:	41.30 m. (135'06")
-- Peso máximo de despegue (Estructural):	63.5 t. (140,000 lb)
-- Peso bruto (Para diseño de Pavimentos):	64.0 t. (141,095 lb)
-- Número de motores:	2 Turbofan
-- Capacidad máxima de pasajeros:	155-172
-- Longitud mínima de pista (En condiciones especiales):	2,192 m. (7,90')

Una vez analizadas las características de esta aeronave y las condiciones del sitio, la pista del aeropuerto internacional de Guanajuato se diseñó con las siguientes características:

-- Longitud de pista.	3,500 m.
-----------------------	-----------------

- Clave para longitud de aterrizaje (OACI). **clave 4**
- Clave para tipo de aeronave (OACI). **clave C**
- Ancho de pista (OACI). **45 m.**

Una vez determinada la longitud de la pista se procede a diseñar el pavimento de ésta, el pavimento de la pista se diseña también en función de una aeronave crítica que es aquella que más daño puede causar al pavimento combinando su peso con el número de operaciones anuales, en este proceso intervienen factores directamente relacionados con las características geotécnicas del suelo donde se va a desplantar la pista, el tipo de cimentación que esta va a tener y de los materiales que van a conformar la estructura del pavimento.

Para hacer el diseño del pavimento se hacen una serie de estudios y pruebas de mecánica de suelos. Las características de la aeronave de diseño que interviene directamente en este proceso son: su peso máximo bruto que puede llegar a tener en condiciones de operación y la carga que va transmitir por medio de las llantas en función del número de estas y de la configuración de su tren de aterrizaje. El pavimento de la pista, rodajes y plataforma central de operaciones tiene el mismo espesor por lo tanto se utiliza el mismo método de diseño para los 3 elementos.

Para el caso del aeropuerto de Guanajuato el pavimento de la carpeta es de concreto asfáltico, fue diseñado para soportar el peso de aeronaves del tipo McDonnell-Douglas DC-10 y del Boeing 747, siendo estas las mas grandes que operan vuelos comerciales.

Las características de estas aeronaves para el diseño de pavimentos son:

Aeronave tipo	Peso Bruto en toneladas	Disposición y No. de ruedas	Carga por pierna en toneladas
MD DC-10/10	196.4	8, Boogie	92.61
Boeing 747/200	352.9	16, Boogie	83.28

Para soportar las condiciones de carga de estas aeronaves, las capas del pavimento de la pista del aeropuerto del Bajío se diseñaron con los siguientes espesores:

Carpeta Asfáltica, h=12 cm
Base Hidráulica, h=29 cm
SubBase o Subrasante, h=60 cm

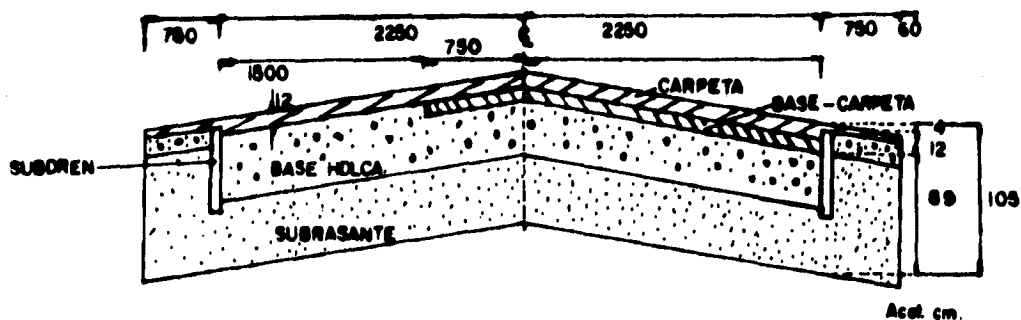


Figura 2.3 Sección transversal de la pista 13-31.

Por otro lado, para la construcción de la pista se debe de tener un cuidadoso control de las pendientes longitudinales y transversales en esta, las cuales deben de cumplir con una serie de especificaciones. Estas pendientes sirven principalmente para que se tenga un drenaje adecuado y para que las operaciones aéreas se lleven a cabo con seguridad.

Las especificaciones de pendientes longitudinales y transversales que debe tener la pista son indicadas en función de las claves de pista de la (OACI) y estas son las siguientes:

Pendientes Longitudinales.

- Relación entre la elevación máxima y la mínima a lo largo del eje de la pista entre la longitud de pista: **1% Máximo**

- Pendiente longitudinal máxima en tramos de la pista: **1.25% máximo**
Excepto en primero y último cuarto de la longitud de pista que debe ser: **0.8%**

- Cambio de pendiente entre 2 pendientes consecutivas: **1.5% máximo**

- La transición de una pendiente a otra deberá ser curva con variación máxima de **0.1%** por cada **30 m**, significa un radio mínimo de **30,000 m**.

- La distancia visible desde cualquier punto a **3 m**. por encima de una pista debe ser visible otro punto a **3 m**. por encima, dentro de una distancia igual, por lo

menos, a la longitud de pista sobre 2.

Pendientes Transversales

-- Limitaciones de pendiente del bombeo en la carpeta asfáltica: **1.5% máximo; 1.0% mínimo.**

Todas estas delimitaciones de pendientes, corresponden a las pistas clave 4 según la clasificación de pistas de la OACI. Además la pista debe de estar bordeada y delimitada por una serie de áreas que se conocen como franjas de seguridad, estas franjas son las superficies anexas a la pista las cuales deben de cumplir con una serie de especificaciones para las cuales deben tener cierto tratamiento o cierto proceso constructivo.

Estas Franjas de Seguridad de la pista son las siguientes:

-- Longitud.- Deben ser mayores que la pista o de la "zona de parada" en **60 m**

Anchura.- Para pistas con y sin aproximación de precisión: 150 m

Pendiente transversal de franjas: 2.5% máximo

-- Nivelación.- Deberá estar nivelada para que no se dañe el avión en caso de que este se salga, cuando menos **75 m** a cada lado del eje de la pista.

-- Pendiente longitudinal.- La parte nivelada: **1.5% máximo**

Pendiente transversal.- La parte nivelada: 2.5% máximo

Pendiente transversal en toda la franja: 5% máximo

-- **Ancho de las franjas en que debe haber la resistencia necesaria para que no se dañe el avión en caso que se salga de la pista. Aproximación por instrumentos o sin éstos: 75 m a cada lado del eje de la pista.**

Por otro lado la pista de operaciones debe de estar delimitada por los siguientes márgenes o acotamientos:

-- **El ancho total de la pista y los márgenes o acotamientos debe ser 60 m.**

-- **Estos márgenes deben soportar el peso de aviones y vehículos.**

-- **La pendiente transversal máxima en las franjas laterales contiguas a la pista de aterrizaje va a ser de: 2.5%**

Concluyendo respecto a la longitud con la que se diseñó la pista cabe mencionar que ante la importancia que ha adquirido este aeropuerto sería conveniente revisar y en su caso incrementar la longitud de ésta para permitir a los aviones que operan en la actualidad incrementar su rango de operación y llegar a destinos mas lejanos. Esto favorecería la expansión del aeropuerto y además esta ampliación permitiría la operación de aeronaves más grandes como el MD DC-10 ó el B-747.

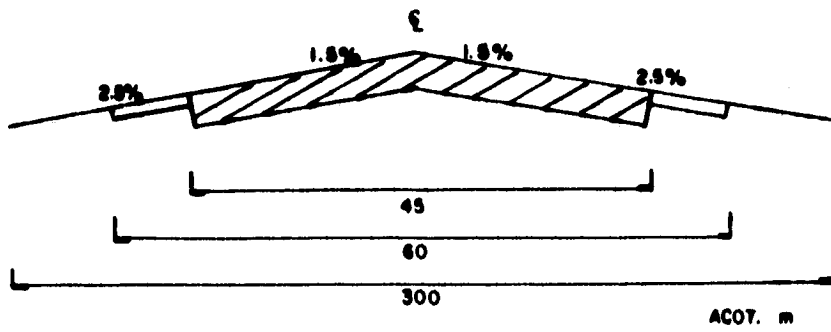
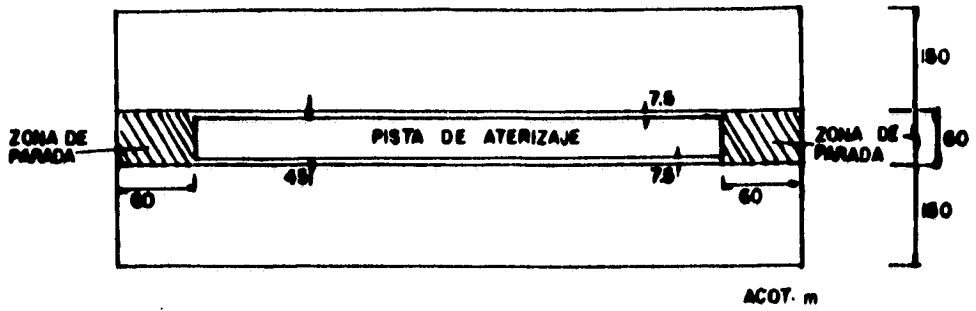


Figura 2.4 Margenes de la pista.

Diseño de las calles de rodaje.

Las calles de rodaje sirven para comunicar a la pista con el área de estacionamiento de los aviones; ya sea el caso de la zona de hangares para la aviación general, o la plataforma central de operaciones para el caso de la aviación comercial.

El diseño de las calles de rodaje es determinado por el volumen del tráfico aéreo, la configuración de la pista de aterrizaje y de la localización del edificio terminal respecto a la pista. La OACI y la FAA tienen sus respectivas reglamentaciones para su diseño.

Dentro de su diseño las calles de rodaje deben de cumplir con los siguientes requisitos para que operen eficientemente:

- 1.- No deben facilitar el acceso del público a las áreas operativas.**
- 2.- Las aeronaves que circulen en ellas no deben interferir las ayudas a la navegación.**
- 3.- Todas las partes de las calles de rodaje deben ser visibles desde la torre de control**
- 4.- No debe permitir que las aeronaves que circulen en ellas provoquen daños a las personas, vehículos o estructuras.**

La geometría de las calles de rodaje es variable en cuanto a las necesidades del aeropuerto, estas pueden ser:

- a) Perpendiculares a la pista.**
- b) Paralelas a la pista.**

- c) Inclinadas.**
- d) De salida rápida.**
- e) En las plataformas. (Permiten la circulación dentro de una plataforma hasta el lugar de estacionamiento de la aeronave.**

En el caso del aeropuerto internacional de Guanajuato, este se diseñó con dos calles de rodaje, una perpendicular a la pista, y otra de salida rápida o de alta velocidad. En el caso de la salida de alta velocidad ésta tiene la función de permitir el desalojo rápido de la pista de una aeronave que acaba de aterrizar para descongestionarla y permitir que se agilice el tráfico aéreo en el aeropuerto.

En el caso de las salidas perpendiculares a la pista, éstas deben tener un radio de curvatura y una anchura que van a estar determinados por normas de la OACI en función de la letra clave que se le haya asignado a ésta; como se mencionó anteriormente la letra clave se le asigna según el tipo de aeronaves que van a operar en esta en relación directa con su velocidad de operación. El radio de curvatura está en relación directa con la velocidad de operación terrestre de las aeronaves.

El diseño de las salidas de alta velocidad se hace en función de la velocidad de la aeronave de diseño. En este diseño se consideran dos puntos:

- 1) El umbral o la cabecera de la pista.**
- 2) El punto de contacto de la aeronave.**

Primero se determina la distancia "D1" que debe haber entre estos dos puntos. Esto se determina con la clave según el tipo de aeronave; Para aeronaves como la MD-80 o mas grandes, a su grupo que es el (D), les corresponde una distancia **D1 = 450 m.**

Después se determinan las velocidades:

- 1) En el umbral o cabecera de pista.
- 2) En el punto de contacto.
- 3) De desalojo, o con la que se va a entrar de la pista a la salida de alta velocidad.
- 4) La desaceleración de la aeronave.

Para las aeronaves del grupo (D), estas velocidades son las siguientes:

- 1) En el umbral: $V = 261 \text{ km/h} - 306 \text{ km/h}$
- 2) En el punto de contacto: $V1 = 260 \text{ km/h}$
- 3) En el punto de desalojo: $V2 = 93 \text{ km/h}$
- 4) Desaceleración: $\text{OACI } d = 1.25 \text{ m/s}^2$
 $\text{FAA } d = 1.50 \text{ m/s}^2$

Una vez obtenidos estos datos se aplica la siguiente fórmula para obtener una "D2".

$$D2 = \frac{V1^2 - V2^2}{2 \cdot d}$$

Una vez obtenido el valor de la distancia "D2" mediante esta fórmula, determinamos el valor de la distancia a la que se va a ubicar la salida de alta velocidad mediante la

suma de los valores de las distancias $D1 + D2$; la distancia obtenida se mide a partir del umbral o cabeza de la pista, después se deben hacer unas correcciones de 1% por cada 100 m de altitud y de 0.27% por cada °c que exceda la temperatura a partir de los 15°c.

En el aeropuerto internacional de Guanajuato, la salida de alta velocidad que se le denomina "Alfa", se ubica a 2,000 m de la cabecera 13, tiene una inclinación horizontal de 30° respecto al eje de la pista (Esta inclinación es por especificaciones de las salidas de alta velocidad), y tiene una longitud de 478 m; La salida del rodaje perpendicular, al que se le denomina "Bravo", se ubica a 2,550 m de ésta misma cabecera, tiene una posición de 90° respecto al eje de la pista, un radio de curvatura de 240 m, y una longitud de 285 m. Ambos rodajes tienen un ancho de 23 m, que es el que le corresponde al grupo de aeronaves de diseño de la pista. Con esta configuración las calles de rodaje tienen una capacidad para atender 18 operaciones horarias.

Con la capacidad actual de las calles de rodaje la demanda que se ha tenido hasta ahora se ha podido atender satisfactoriamente, pero ante la demanda que se espera en un futuro cercano se va a tener que ampliar la capacidad de éstas.

Por otro lado la pista tiene en ambos extremos unas zonas que tienen la función de permitir a las aeronaves maniobrar de forma que puedan dar la vuelta 180° para facilitar las operaciones aéreas; estas zonas reciben el nombre de "Gotas de retorno", tienen forma semicircular y el semicírculo inicia a partir del borde de la pista

rematando en las esquinas; estos semicírculos tienen un radio de 30 m. que se conjuntan con los 45 m. de ancho de pista y están diseñados para que operen el B-727/200, y el MD-80.

Plataformas de operaciones.

Esta zona está conformada por las plataformas que tienen la función de permitir el estacionamiento de aeronaves, así como el ascenso y descenso de pasajeros. Esta es una zona de transición entre la zona aeronáutica y el edificio terminal. En el caso de éste aeropuerto se construyeron dos tipos de plataformas, una para la aviación comercial y otra para la aviación general o privada.

Para la aviación comercial se construyó una plataforma para el estacionamiento de aeronaves de 180 m de largo por 90 m de ancho, que ocupa una superficie de 16,200 m² y tiene una capacidad para 3 posiciones simultáneas de aviones del tipo B-727/200, o similares, y además con estas dimensiones se tiene la capacidad para que aeronaves de este tipo entren y salgan por su propio impulso; con estas dimensiones la plataforma satisfizo la demanda hasta 1994, por lo que ya se iniciaron los trabajos para ampliar la plataforma comercial con una posición más; éstos trabajos se concluyeron para finales de 1994. Del proyecto de plataformas de operaciones, y la ampliación que se está teniendo actualmente se hablará a detalle en un capítulo mas adelante.

Para el caso de la aviación general también se construyó una plataforma de 180 m. de largo por 90 m de ancho, la cual tiene capacidad para estacionar 25 avionetas en

forma simultánea, con estas dimensiones se espera satisfacer la demanda pronosticada hasta el año 2,005.

II) Sistema terminal.

Aviación Comercial.

El edificio terminal de la aviación comercial es el elemento más importante para el pasajero, porque en este realiza sus trámites de documentación, revisión de seguridad, espera, reclamo de equipaje, así como, la bienvenida.

El edificio terminal del aeropuerto internacional de Guanajuato se planeó de tal forma que pueda expandirse potencialmente. Primeramente se planeó que tuviera una superficie de 4,210 m² en el plan maestro de 1987, superficie que le iba a permitir atender 383 pasajeros horarios; pero como el aeropuerto comenzó a operar hasta 1990 el edificio terminal se construyó de 4,500 m². Con esta superficie se tenía la capacidad para atender a 450 pasajeros horarios.

La actividad del aeropuerto se ha incrementado de forma vertiginosa, por lo que en el año de 1992 se tuvo que hacer una primera ampliación del edificio, así como, una redistribución de los elementos que lo conforman. Con ésta primera ampliación la superficie del edificio se incrementó a 4,717 m², con los que se puede atender del orden de 500 pasajeros horarios, según las predicciones que se han hecho para mediados de 1995.

Describiendo al edificio terminal, la forma arquitectónica que éste tiene, consta de tres grandes volúmenes que presentan las siguientes características. Al oriente se encuentran las zonas dedicadas a la documentación, al centro las salas de espera con una cubierta espacial y al poniente los reclamos de equipaje y el vestíbulo bienvenida de los pasajeros. El edificio cuenta con acceso a la plataforma en forma directa.

Las superficies de los elementos que componen el edificio terminal son las siguientes:

-- Vestíbulo General:	758 m ²
-- Vestíbulo de documentación:	315 m ²
-- Sala de última espera:	588 m ²
-- Sala de reclamo de equipaje:	918 m ²
-- Vestíbulo de bienvenida:	325 m ²
-- Concesiones:	631 m ²
-- Oficinas (Compañías Aéreas):	180 m ²
-- Areas complementarias:	476 m ²
-- Estacionamiento para automóviles:	12,750 m ² con capacidad de 213 lugares.

Por otro lado de los 4,717 m² que conforman el edificio terminal, 745 m² corresponden a un segundo nivel. De este segundo piso se ubica una parte en la zona poniente en donde se encuentran las oficinas administrativas del aeropuerto con un área de 355 m²; y otra parte en la zona oriente, en donde se ubica el restaurante, cocina y bar, con un área total de 390 m².

Aviación General.

La zona de aviación general cuenta con 6 hangares de uso particular, que se desplantan en un terreno con una superficie de 20,152 m². En esta zona se cuenta con capacidad para albergar hasta un total de 36 lotes (se estima que para el año 2010 se requerirán 16); además estos tienen servicio de luz, agua, drenaje y pavimento, y estacionamiento para automóviles.

Edificio CREI.

Este edificio es obligatorio para todo aeropuerto y es el que alberga al "Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios". En éste se aloja un cuerpo de bomberos y de rescate, para apoyar en el caso en que se presente un accidente dentro del aeropuerto. Este edificio siempre debe tener acceso directo a la pista; en este aeropuerto el edificio CREI se ubica en la parte posterior de las plataformas entre la torre de control y el edificio terminal, ocupando una superficie de 450 m².

Torre de control.

Esta es una edificación básica en todo aeropuerto que alberga en su cabina a los controladores aéreos cuya función es la de supervisar las operaciones aéreas, para garantizar la seguridad en las maniobras. El requisito principal de una torre de control, es que debe estar ubicada en una posición con la altura suficiente para tener visión sobre toda la zona aeronáutica. La torre de control del aeropuerto de Guanajuato se ubica atrás de las plataformas junto al edificio del CREI. Esta tiene una altura de

23 m sobre el nivel de las plataformas y la cabina tiene una forma pentagonal con una superficie de 62 m.²

Edificios auxiliares.

Estos son otros edificios que albergan diferentes elementos y autoridades que tienen relación directa con el aeropuerto. En este aeropuerto se tienen los siguientes edificios:

- Edificio técnico.- Alberga a las autoridades del S.E.N.E.A.M., de la Dirección de Aeronáutica Civil, oficinas técnicas de A.S.A. y oficinas para la aviación general.
- Edificio de máquinas.- En este edificio se encuentran dos subestaciones eléctricas y el equipo hidroneumático, una subestación sirve para apoyar al SENEAM, y la otra se usa para apoyar a los servicios generales y a las ayudas visuales.
- Bodega.- Area disponible para dar servicio a la aviación comercial nacional e internacional, ésta cuenta con una superficie de 250 m², de los cuales 11 m² son para oficina; además en éste edificio se dispone de 82 m² para el equipo de mantenimiento, 21 m² para Comisariato, 18 m² para archivo y en la planta alta se cuenta con comedor, baños, aula de capacitación y lockers para los trabajadores. Esta área se construyó atrás del edificio CREI en las ampliaciones de 1992.

III) Almacenamiento y distribución de combustibles.

Para el almacenamiento y distribución de combustible se dispone de una zona con una superficie de 9,516 m²; en sus instalaciones se cuenta con cuatro tanques con capacidad para almacenar 300,000 litros, distribuidos de la siguiente manera:

- Dos tanques con capacidad de 80,000 litros cada uno, para turbosina.
- Un tanque para Gas-Avión de 100/130 octanos con capacidad para 80,000 litros.
- Para la seguridad de la zona, un tanque de agua con capacidad de 80,000 litros.

Desde 1994 estas instalaciones se están ampliando, por lo que en un futuro próximo se tendrán: un tanque para turbosina de 500,000 litros; un tanque para Gas-avión de 160,000 litros; y un tanque de agua de 80,000 litros.

IV) Sistema de ayudas visuales y electrónicas.

En este aeropuerto para las operaciones nocturnas y días de poca visibilidad, se cuenta con un faro giratorio y luces de borde en pista, calles de rodaje y plataformas, así como, luces de obstrucción localizadas en los edificios.

Para apoyar a la aeronavegación, el aeropuerto cuenta con un equipo VOR-DME. Además para ayuda a las operaciones se dispone del sistema para aproximaciones visuales de precisión conocido como PAPI en ambas cabeceras; también se dispone de señalamientos horizontales y verticales en pista, rodajes y plataformas, así como, en

obstáculos y éstos se señalan con pintura reflejante y módulos de lámina con las dimensiones y colores reglamentarios. Además se cuenta con conos de viento para ambas cabeceras.

V) Sistema de accesos terrestres.

Básicamente se tiene el camino de acceso al aeropuerto que entronca con la carretera Panamericana México-Cd. Juárez y que tiene aproximadamente 435 m de longitud, por 8 m de ancho, con dos carriles; pavimentado con carpeta asfáltica. Además en el entronque con la carretera se cuenta con un paso a desnivel para la distribución vehicular con la carretera.

Por otro lado para el mantenimiento y la vigilancia del terreno del aeropuerto se cuenta con un camino perimetral de terracería, con una longitud de 12.5 km y 3 m de ancho.

ACTIVIDAD AÉREA ACTUAL

La actividad aérea que se ha presentado en el aeropuerto internacional de Guanajuato desde que se puso en operación en 1990 ha rebasado todas las expectativas y pronósticos que se tenían.

La actividad aérea actual es mayor a la pronosticada para el año 2000 en el plan maestro de 1987. Este fenómeno que tiene que ver directamente con la aviación comercial no se debe a que se haya hecho una mala planeación, sino que han habido

otros factores imprevistos involucrados en esto. Estos factores se analizarán más a fondo en el último capítulo.

En la actualidad en el aeropuerto están operando 5 líneas aéreas comerciales y una internacional. De las nacionales, 3 son de cobertura nacional y 2 son regionales; las de cobertura nacional son Aeroméxico, Mexicana y TAESA; y las regionales son SARO y Aerolitoral. La línea internacional es Continental Airlines de origen Norteamericano. El avión más grande que opera regularmente en el aeropuerto es el A-320 del consorcio Europeo Airbus industries, y el B-757 de la compañía Boeing de origen norteamericano.

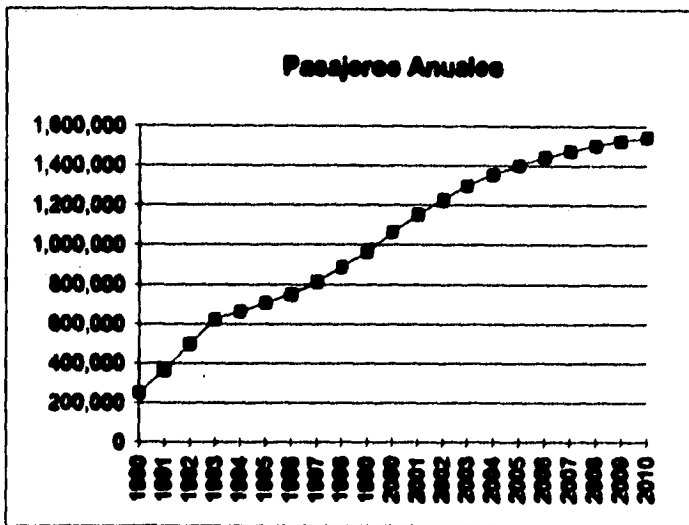
COMPañÍA	LU	MA	MI	JU	VI	SA	DO
AEROMEXICO	4	3	4	4	6	5	6
MEXICANA	1	1	-	2	1	2	3
TAESA	2	2	2	3	2	4	5
S.A.R.O.	2	3	3	2	2	3	2
AEROLITORAL	9	9	9	10	9	8	7
CONTINENTAL	2	2	2	2	2	1	2

Figura 2.5 Frecuencia de operaciones aéreas para la aviación comercial en la actualidad.

**Aeropuerto Internacional de Guanajuato.
Pronóstico de la actividad aérea.(1994)
Datos estadísticos hasta 1993
(Figura 2.6)**

Pasajeros Anuales

Año	Aviación Comercial	Aviación Regional	Total comercial	Aviación General	Gran Total
1990	225,891	4,015	225,891	11,182	250,623
1991	326,076	5,228	326,076	6,301	363,387
1992	508,746	5,304	508,746	10,370	501,545
1993	558,300	5,900	611,355	11,600	625,368
1994	611,000	6,500	678,834	12,700	665,852
1995	687,300	7,000	742,663	13,700	708,000
1996	728,000	7,400	803,218	14,600	750,000
1997	793,200	7,900	860,818	15,400	816,500
1998	863,700	8,200	915,737	16,100	888,000
1999	940,200	8,600	968,215	16,800	965,600
2000	1,038,100	9,100	1,018,460	17,600	1,064,800
2001	1,125,800	9,700	1,066,651	18,400	1,153,900
2002	1,202,300	10,300	1,112,955	19,200	1,231,800
2003	1,268,000	10,700	1,157,510	20,000	1,298,700
2004	1,323,700	11,200	1,200,443	20,700	1,355,600
2005	1,370,300	11,700	1,241,871	21,400	1,403,400
2006	1,409,100	12,100	1,281,894	22,100	1,443,300
2007	1,441,200	12,500	1,320,604	22,800	1,476,500
2008	1,467,600	13,000	1,358,085	23,400	1,504,000
2009	1,489,400	13,300	1,394,413	24,100	1,526,800
2010	1,507,200	13,600	1,429,656	24,700	1,545,500



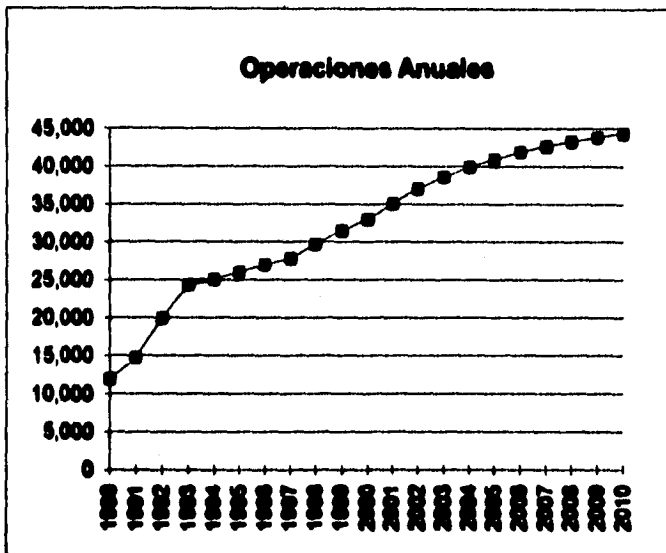
**Aeropuerto Internacional de Guanajuato.
Promóstico de la actividad aérea.(1994)**

Datos estadísticos hasta 1993

(Figura 2.7)

Operaciones anuales y carga

Año	Aviación Comercial	Aviación Regional	Aviación General	Total Operaciones	Total carga (ton.)
1990	3,658	1,758	5,334	11,907	635
1991	5,950	2,399	2,989	14,794	1,092
1992	12,371	2,296	4,933	19,953	2,383
1993	13,500	2,500	5,400	24,338	2,913
1994	14,700	2,800	5,700	25,083	3,145
1995	15,900	3,100	6,000	26,000	3,364
1996	17,500	3,200	6,300	27,000	3,572
1997	18,900	3,400	6,500	27,800	3,770
1998	20,500	3,600	6,600	29,700	3,958
1999	22,100	3,700	6,700	31,500	4,139
2000	24,100	3,900	7,000	33,000	4,312
2001	25,800	4,100	7,200	35,100	4,478
2002	27,300	4,300	7,500	37,100	4,637
2003	28,500	4,400	7,700	38,600	4,791
2004	29,400	4,600	7,900	39,900	4,983
2005	30,100	4,700	8,100	40,900	5,081
2006	30,700	4,900	8,300	41,900	5,218
2007	31,100	5,000	8,600	42,700	5,351
2008	31,400	5,100	8,800	43,300	5,433
2009	31,700	5,200	9,000	43,900	5,605
2010	31,800	5,400	9,200	44,600	5,726

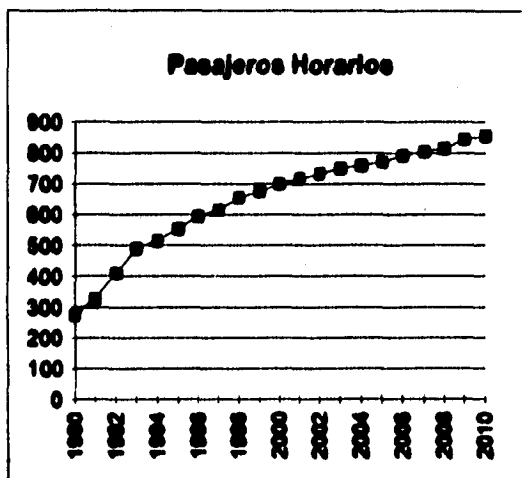


Aeropuerto Internacional de Guanajuato
Pronósticos de movimiento en el lapso de máxima demanda
Datos Estadísticos hasta 1993

Pasajeros horarios

(Figura 2.8)

Año	Aviación Comercial		Aviación General	Comercial Global
	Nacional	Internac.		
1990	215	112	15	277
1991	265	114	15	327
1992	348	175	17	410
1993	358	220	18	491
1994	369	222	18	515
1995	435	225	18	555
1996	452	227	21	595
1997	469	229	21	615
1998	527	232	21	655
1999	546	234	22	675
2000	571	247	22	700
2001	592	264	22	716
2002	610	279	22	732
2003	646	253	25	750
2004	660	257	25	760
2005	671	259	25	772
2006	681	261	25	793
2007	690	263	25	804
2008	696	264	25	814
2009	725	266	28	845
2010	730	266	28	855

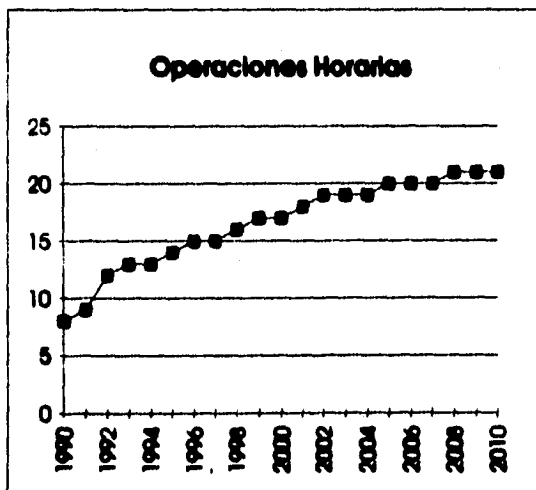


**Aeropuerto Internacional de Guanajuato.
Pronósticos de movimiento en el lapso de máxima demanda
Datos estadísticos hasta 1993.**

Operaciones horarias

(Figura 2.9)

Año	Aviación Comercial	Aviación General	Total Combinado
1990	3	7	8
1991	4	7	9
1992	8	8	12
1993	8	8	13
1994	9	9	13
1995	9	9	14
1996	10	9	15
1997	11	9	15
1998	11	10	16
1999	12	10	17
2000	13	10	17
2001	13	10	18
2002	14	10	19
2003	14	11	19
2004	14	11	19
2005	15	11	20
2006	15	11	20
2007	15	11	20
2008	15	12	21
2009	15	12	21
2010	15	12	21



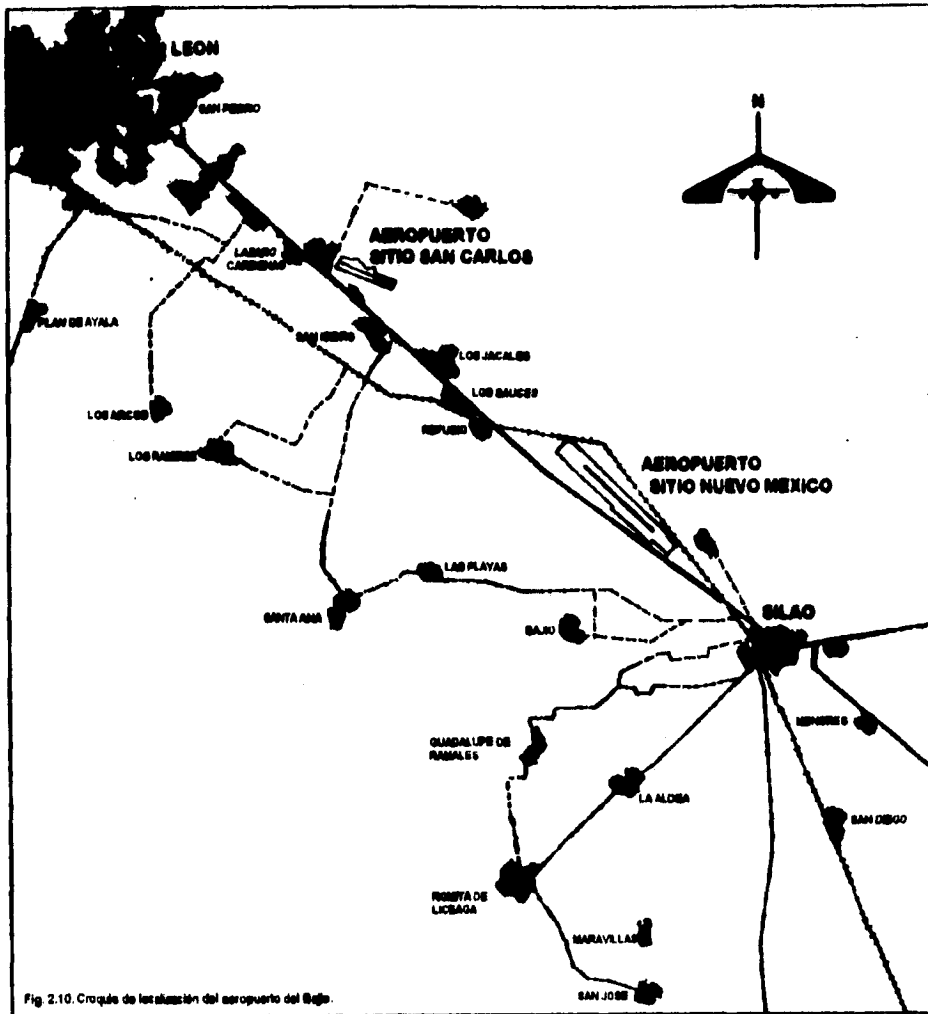


Fig. 2.10. Croquis de la instalación del aeropuerto del Salto.

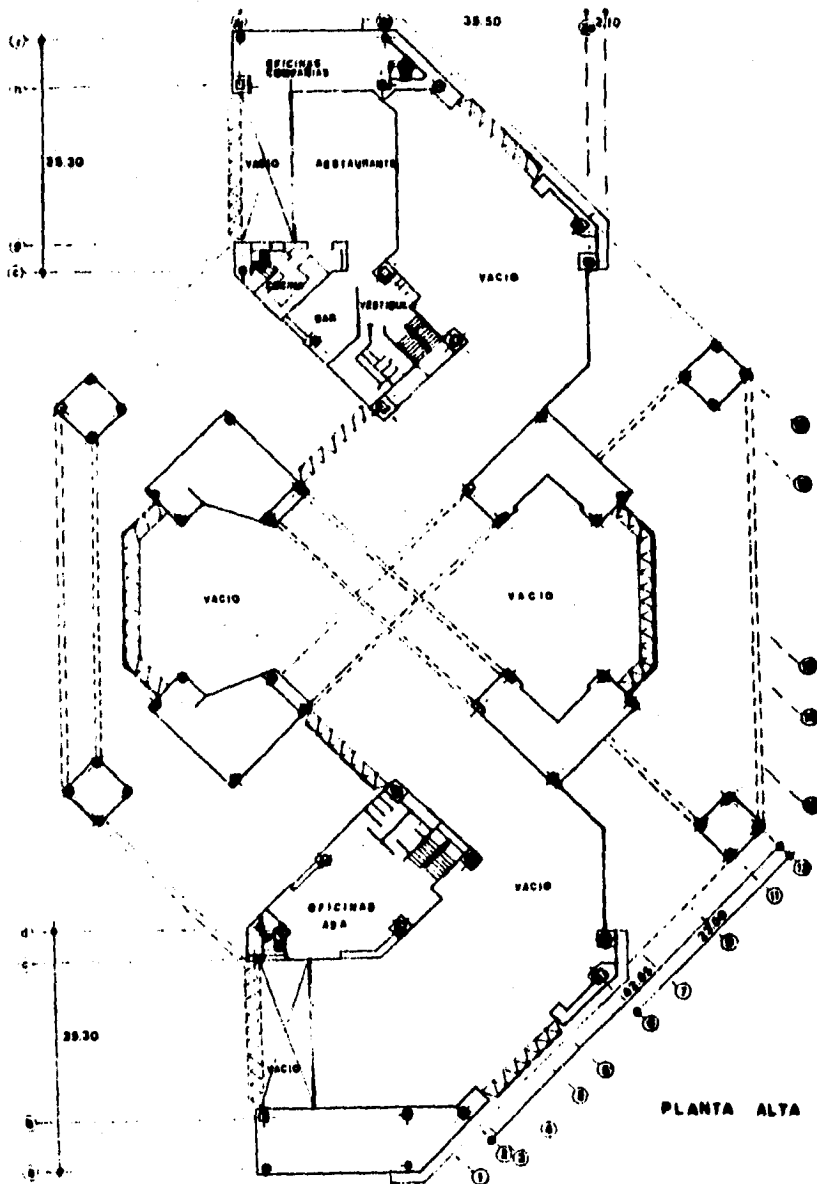


Figura 2.12 Edificio terminal, planta alta.

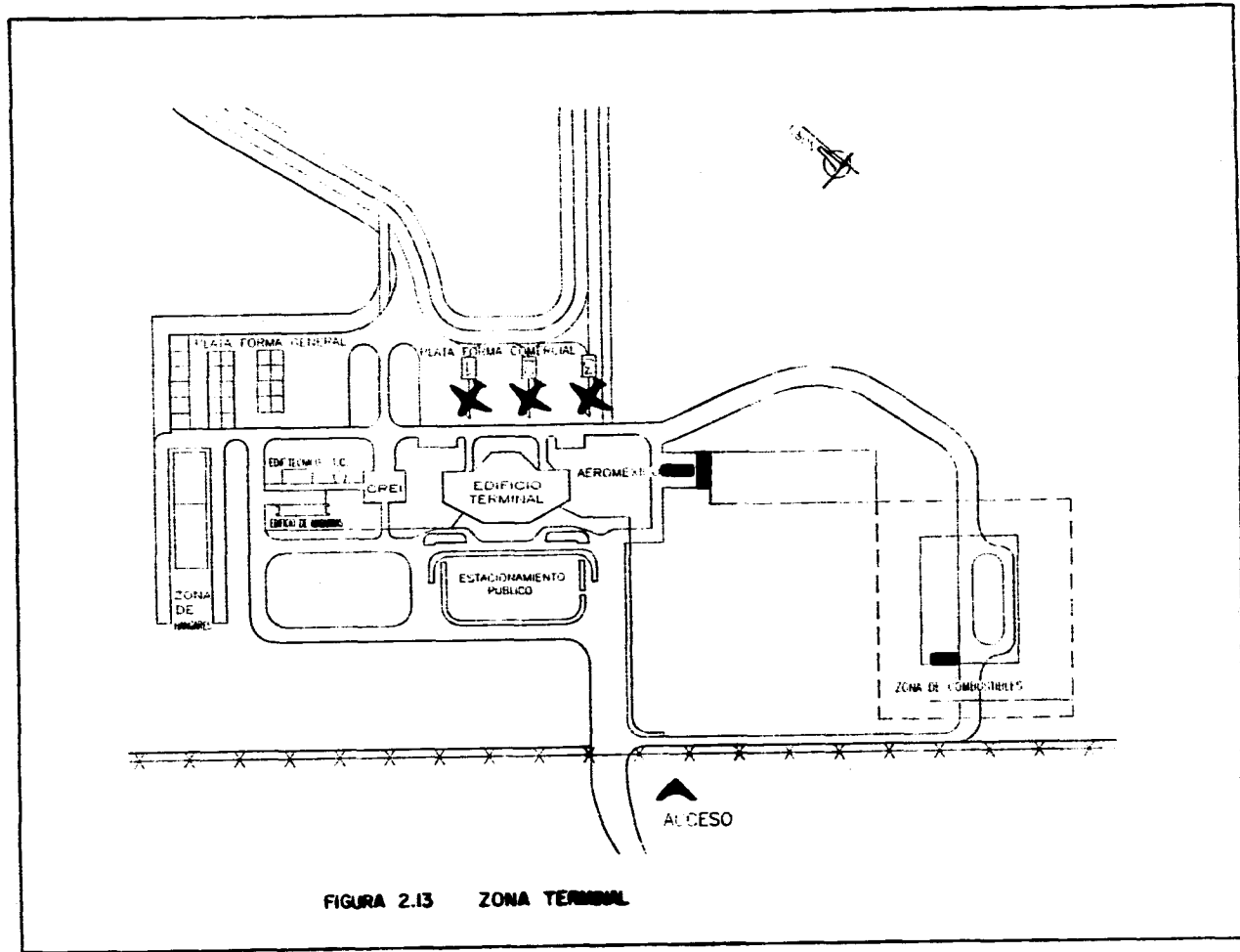
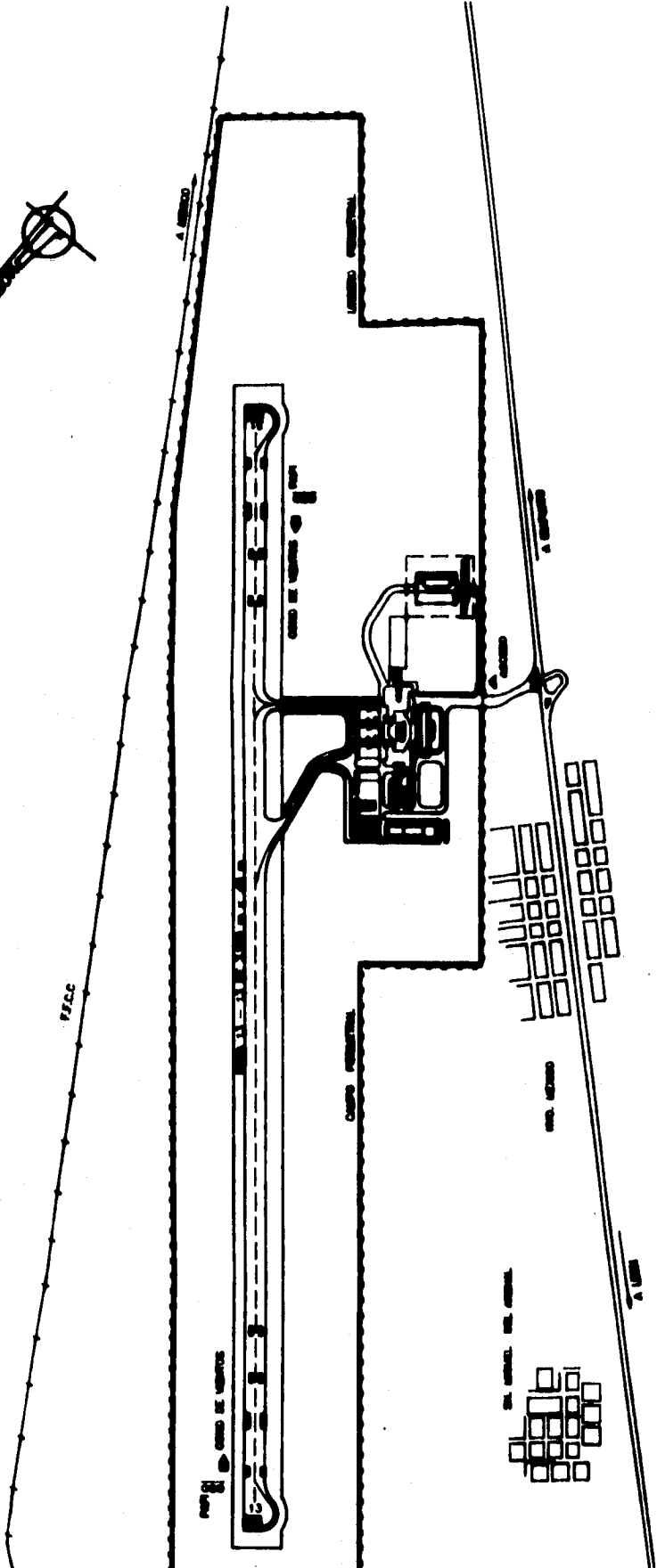


FIGURA 2.13 ZONA TERMINAL



UNAM F. J.
AEROPUERTO DE GUANAJUATO
JAVIER GALVAN ESCOBAR

Glosario.

- **Comisariato.** Nombre que recibe el servicio de preparado y suministro de alimentos para los aviones.

- **Dirección General de Aeronáutica Civil.** Es la autoridad aeronáutica que se encarga de la comandancia del aeropuerto, y es una dependencia de la S.C.T.; A.S.A. por su parte es la dependencia que lo administra.

- **S.E.N.E.A.M.** Son las siglas del servicio a la navegación aérea en el espacio aéreo mexicano, que es la dependencia encargada de controlar el tráfico aéreo en el territorio nacional; ésta dependencia es del sector comunicaciones y transportes.

- **Zona de parada.** Es un área adyacente a los extremos de la pista, de anchura no menor que la del ancho de esta, simétricamente dispuesta respecto de la prolongación del eje y diseñada para permitir a una aeronave desacelerar en el caso de un despegue abortado. Esta zona debe ser capaz de soportar el peso de la aeronave sin que se produzcan daños estructurales mayores en ella, por lo que va a tener una estructura de pavimento de menor calidad y espesor que el de la pista.

CAPITULO III

DESARROLLO DEL EDIFICIO TERMINAL DE PASAJEROS

El edificio terminal de un aeropuerto constituye el elemento más importante para el pasajero de aviación comercial porque aquí realiza todos sus trámites ya sea para salir o para llegar. En el edificio el pasajero hace un intercambio del sistema terrestre al sistema aéreo, es la liga entre ambos medios.

El base al movimiento que el pasajero realiza en el edificio terminal, el sistema se clasifica en tres componentes principales.

1. **Acceso:** En este el pasajero ingresa al sistema terminal para ser procesado; aquí el pasajero lleva a cabo las actividades de estacionamiento o descenso de un vehículo automotor y acceso al edificio terminal. En el caso de pasajeros de llegada el proceso es inverso.
2. **Procesado:** En este el pasajero lleva a cabo una serie de trámites ya sea para iniciar o regresar de un viaje. Entre las actividades que se llevan a cabo en esta etapa son la documentación, la entrega o reclamo de equipaje y el paso de las distintas inspecciones como son: seguridad, aduana, migración etc.
3. **Intercambio al avión.** En éste el pasajero que ha sido procesado transborda de tierra a la aeronave, en el caso de pasajeros de llegada estos pasan de la aeronave a la etapa de procesado.

En base a estos tres componentes, se definen las áreas que conforman al edificio terminal para que este opere de forma eficiente, éstas áreas se describen más adelante.

El edificio constituye uno de los principales elementos de infraestructura del aeropuerto en función del costo económico que tiene. Generalmente las terminales se hacen con proyectos arquitectónicos modernos que buscan dar una imagen de progreso y modernidad a la ciudad a la que pertenece el aeropuerto, además en el edificio se generan gran parte de los ingresos de éste.

PLANEACION DE UN EDIFICIO TERMINAL

El edificio terminal tiene funciones bien definidas respecto al manejo de pasajeros. Para el diseño de terminales aeroportuarias se consideran una serie de factores que influyen en su configuración y en su tamaño; estos factores son los siguientes:

- A) Número de pasajeros horarios y anuales de salida, de llegada y totales; nacionales e internacionales.**
- B) Número de pasajeros en tránsito.**
- C) Número de maletas por pasajero, número de acompañantes por pasajero.**
- D) Características de los pasajeros que utilizarán el aeropuerto.**
- E) Características de los vuelos. (Origen-Destino, Tránsito, Transferencia o conexión).**
- F) Número de servicios de fletamento, (vuelos Charter).**
- G) Número de posiciones en plataforma, y mezcla de diversos tipos de aviones.**

Además de los factores mencionados anteriormente existen otros que pueden ser importantes el diseño del edificio, estos son:

- 1) El número de aeronaves que operaran en el aeropuerto.**
- 2) Prever la disposición de espacios suficientes para ampliaciones, así como disponibilidad de accesos terrestres.**
- 3) Determinar las condiciones del terreno y hacer los estudios de impacto ambiental que se tendrán en el sitio.**

Las principales áreas que componen un edificio terminal para aviación comercial son las siguientes:

- 1. Vestíbulos de pasajeros: Vestíbulo de documentación, sala de espera general, salas de última espera, vestíbulo de bienvenida, y zonas de reclamo de equipaje.**
- 2. Areas de servicio a los pasajeros: Circulaciones, sanitarios, manejo y selección de equipaje, teléfonos públicos, telégrafos.**
- 3. Concesiones: Restaurantes, tiendas diversas, bancos, renta de automóviles, reservaciones de hoteles, etc.**
- 4. Puestos de observación y salones especiales: Inspecciones de seguridad, inspecciones de sanidad, migración y aduana, salones de uso oficial, salones VIP.**

Para que el edificio opere de forma eficiente en función del tráfico de pasajeros y aeronaves que se puede llegar a presentar, el diseño de la terminal se diseña en base a dos configuraciones básicas.

1)"Distribución centralizada o descentralizada". Esta configuración define si se tendrá un solo cuerpo de edificio en donde se lleven a cabo todas las actividades, o si el sistema tendrá varios cuerpos o edificios autónomos unos de otros en donde se lleven a cabo actividades específicas.

2)"Distribución vertical de las actividades". Esta configuración se hace en base al movimiento del pasajero desde que entra al edificio hasta que aborda el avión y viceversa, distribuyéndose en los niveles de éste. En base a esta distribución un edificio terminal puede ser de "Un nivel", "Nivel y medio", "Dos niveles" o "Tres niveles".

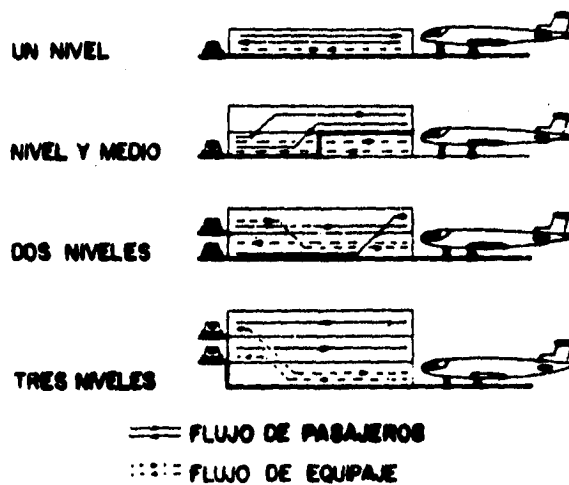


Figura 3.1 Tipo de terminales en función de su número de niveles y su arreglo vertical de operaciones.

En el caso del Aeropuerto internacional de Guanajuato, el sistema terminal se diseñó con una configuración plataforma-terminal "lineal". Este tipo de configuración es la más sencilla, porque en ésta los pasajeros tienen un acceso a la aeronave, caminando directamente por la plataforma. Por otro lado el edificio se clasifica como de "Un nivel" con "Distribución centralizada", ya que en un nivel y en un solo cuerpo de edificio se llevan a cabo todas las actividades. Aún con las ampliaciones que se esperan para las próximas etapas, la terminal seguirá operando de esta forma. En su etapa de máximo desarrollo es probable que se llegue a necesitar una terminal de "Nivel y medio". Este tipo de configuración se usa en aeropuertos de tráfico aéreo bajo.

En el plan maestro que se hizo en 1987 se pronosticó que la primera etapa de ampliación del edificio terminal se debía hacer para 1995. Pero desde que el aeropuerto comenzó sus operaciones en 1990, la actividad aérea de la aviación comercial que se ha presentado ha tenido un incremento muy superior al que se tenía previsto en el plan. Esto ha ocasionado la necesidad de ampliar el edificio terminal antes de lo previsto, lo cual ya ha ocurrido en dos ocasiones, una entre 1992 y 1993, y otra en 1994. Además de las ampliaciones, el edificio se ha remodelado y se han redistribuido sus áreas.

METODOLOGIA DE PROYECTO PARA EDIFICIOS TERMINALES

La metodología para diseñar la capacidad del edificio terminal se fundamenta básicamente en la determinación de las áreas que van a tener los diferentes elementos que la componen para que ésta opere eficientemente.

En el aeropuerto internacional de Guanajuato el proyecto del edificio terminal se hizo en la década pasada y las características de éste se determinaron en base a la metodología desarrollada por la "Dirección General de Aeropuertos", pero también existen otras metodologías que se usan para hacerlo.

En el caso de este trabajo de tesis para revisar las ampliaciones que se van a requerir en el aeropuerto en base a la demanda que se espera a futuro, la metodología que se utilizó es la que propone la F.A.A. de los Estados Unidos de Norteamérica. Esta se expone a continuación y sugiere que se sigan los siguientes pasos:

- 1) Determinar el diseño básico de la terminal con base en la demanda en hora crítica.(pasajeros horarios y anuales)
- 2) Clasificar la terminal en función del tipo de tráfico de pasajeros.
- 3) Determinación de la demanda esperada en instalaciones individuales.
- 4) Cálculo de los espacios (áreas) necesarios en la terminal.

Para llevar a cabo el método, se requieren los siguientes valores relacionados con las predicciones que se tienen de la actividad aeroportuaria, éstos valores son:

- 1) Pasajeros horarios y pasajeros anuales de aviación comercial.

En caso de no contar con el pronóstico de pasajeros horarios para cierta etapa se puede calcular el "Valor máximo horario de pasajeros" (TPHP) en vuelos comerciales en función de los pasajeros totales anuales de aviación comercial.

Para definir el valor TPHP "Typical Peak Hour Passenger", (Pasajero típico de hora pico), determinamos nuestro factor de "Pasajero en hora crítica como porción del valor anual", en función de los pasajeros totales anuales que se tengan estimados, y hacemos siguiente producto.

$$\text{TPHP} = \text{FACTOR DE PASAJERO EN HORA CRITICA} \times \text{PASAJEROS TOTALES ANUALES}$$

Pasajeros totales anuales.	20 M ó más	10 - 20 M	1 - 10 M	0.5 - 1 M	0.1 - 0.5 M	menos de 1 M
Pasajeros en hora crítica como porción del valor anual.	3×10^{-4}	3.5×10^{-4}	4×10^{-4}	5×10^{-4}	6.5×10^{-4}	12×10^{-4}

M - millones

Figura 3.2 Tabla de FAA para obtener el factor de pasajero en hora crítica en porción del valor anual.

Con estos parámetros se obtienen las áreas de los siguientes elementos:

- Sala de espera general.(Pasajeros horarios)
- Inspección de seguridad.(Pasajeros horarios)
- Vestíbulo de bienvenida.(Pasajeros horarios)
- Sanitarios.(Pasajeros horarios)
- Restaurantes.(Pasajeros anuales)
- Concesiones. (Pasajeros anuales)

2) Valor de aeronave equivalente (EQA). Este valor se obtiene en función del número de posiciones en plataforma para aviación comercial con el que se dispone o se espera disponer, y con el factor de aeronave equivalente (EQA), que está relacionado con el tipo de aeronaves que van a operar y su capacidad. Este factor se obtiene de la siguiente tabla.

GRUPO DE AERONAVES	CAPACIDAD DE AERONAVE (PASAJEROS)	FACTOR (EQA)	AERONAVES TIPO
A	1 a 80	0.6	BAC-111, F-27
B	81 a 110	1.0	B-737, DC-9/30
C	111 a 160	1.4	B-707, B-727/200
D	161 a 220	1.9	DC-8, A-300, B-757, B-767
E	221 a 280	2.4	B-747/SP
F	281 a 420	3.5	B-747, DC-10, L-1011
G	421 a 500	4.6	B-747/400 (Stretch)

Figura 3.3 Tabla para obtener el factor de aeronave equivalente (EQA).

Una vez que se definió el factor de aeronave equivalente calculamos el valor de aeronave equivalente (EQA), mediante el producto del número de posiciones para cada grupo de aeronaves que se vaya a tener, si es que se va a tener más de uno, por el factor (EQA) de ese grupo. Esto se representa en la siguiente fórmula.

$$\Sigma \text{EQA} = \text{FACTOR (EQA) DE CADA GRUPO} \times \text{NUMERO DE POSICIONES PARA ESE GRUPO}$$

Con este parámetro (EQA), se calculan las áreas de los siguientes elementos.

- Vestíbulo de documentación.
- Zona para manejo de equipaje de salida.
- Zona para manejo de equipaje de llegada.
- Zona para reclamo de equipaje.

3) Por último hay dos elementos del edificio que se calculan independientemente de estos parámetros, éstos son:

- Las salas de última espera. Esta se calcula en función del número de pasajeros que caben en la aeronave, y se asigna una superficie según la siguiente tabla.

Capacidad Aeronaves	≤ 80 pasajeros	81 - 110	111 - 160	161 - 220	221 - 280	281 - 420
No.de m² por c/aeronave	48	79	109	149	186	279

Se incrementa el área para cada posición de la plataforma comercial.

- Circulaciones. Se le incrementa un 25% a la suma de todas las áreas parciales.

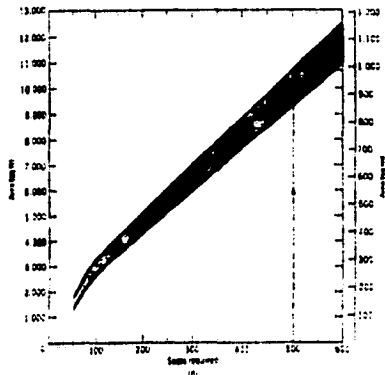


FIGURE 10.5(a) Main lobby area.

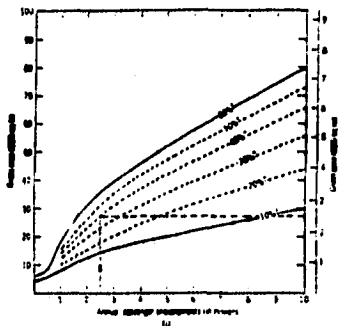


FIGURE 10.5(b) Food and beverage services.

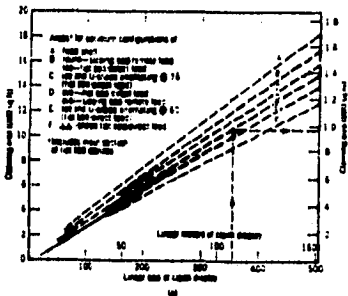


FIGURE 10.5(c) Baggage claim area.

Aircraft Type Model	Gate Capacity Range	Average Departure Lobby Size
CV-580, DC-9-10, BAC-111,	60-80	440 sq ft
V8-11-B, M-404, F-327B	Av. 65	50 sq ft
B-717, B-727-160, DC-9-30	90-110	1000 sq ft
CV-580	Av. 100	130 sq ft
DC-8-30, DC-8-42, B-727-200, B-727-300, B-707 (all), B-732	120-160	1500 sq ft
Av. 140	140 sq ft	
DC-8-61, B-737	170-210	2510 sq ft
Av. 190	190 sq ft	
DC-10, L-1011, A300, B-747, MD11	230-280	3000 sq ft
Av. 250	250 sq ft	
B-747	300-420	3770 sq ft
Av. 360	360 sq ft	
High capacity	420-500	4900 sq ft
W. use only	Av. 400	400 sq ft

FIGURE 10.6(a) Departure lounge area by type of aircraft served.

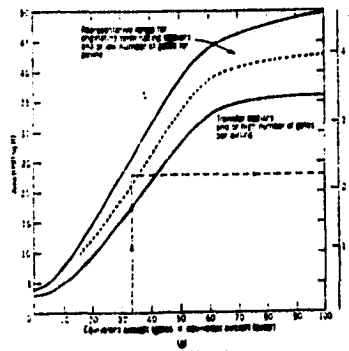


FIGURE 10.6(b) Ticket lobby and counter area.

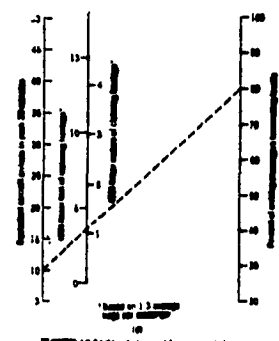


FIGURE 10.6(c) Inbound baggage claim area.

Figura 3.4 Principales gráficas para determinar la capacidad de los elementos del edificio terminal que usan el factor (EQA) y el (TPHT).

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

DESARROLLO DEL EDIFICIO PARA LAS PROXIMAS ETAPAS

Las áreas de los elementos que componen el edificio terminal sin considerar las ampliaciones de 1994 son las siguientes: (Se mencionan en el capítulo anterior).

Planta Baja.

-- Vestíbulo General:	758 m ²
-- Vestíbulo de Documentación:	315 m ²
-- Sala de última espera:	588 m ²
-- Salas de reclamo de equipaje ¹ :	918 m ²
-- Vestíbulo de bienvenida:	325 m ²
-- Concesiones:	631 m ²
-- Oficinas:(compañías aéreas)	180 m ²
-- Areas Complementarias:	476 m ²

Planta Alta.

-- Oficinas ASA:	355 m ²
-- Restaurante y Bar:	390 m ²

AREA TOTAL EDIFICIO TERMINAL: 4,717 m²

Estacionamiento.

-- Area:	12,750 m ²
-- Lugares:	213 lugares

A continuación se hace un análisis con la metodología de FAA, para revisar si estas áreas son suficientes ante la demanda que se presentó en 1994, así como determinar las ampliaciones que se van a requerir de los diferentes elementos del edificio, ante la demanda que se tiene prevista en etapas futuras,(1998, 2000, 2005, 2010).

1. Las salas de reclamo de equipaje se dividen en nacional e internacional; la nacional tiene un área de 450 m² y la internacional de 468 m². Estas salas incluyen en su superficie todos los elementos que conforman la zona de llegada de pasajeros como son: migración, inspección de sanidad, aduana, etc.

Aeropuerto Internacional de Guanajuato.

Desarrollo del edificio terminal.

- Pasajeros horarios y anuales estimados en vuelos comerciales.

Etapa	Pasajeros Anuales	Factor	TPHP	Pasajeros Horarios*
1994	678,834	5 x 10E-4	339	515
1998	915,737	5 x 10E-4	458	655
2000	1,018,460	4 x 10E-4	509	700
2005	1,241,871	4 x 10E-4	620	772
2010	1,429,656	4 x 10E-4	714	855

* Según pronósticos del anuario estadístico de 1993.

- Cálculo de posiciones equivalentes (EQA)

Etapa	Posiciones Estimadas	Tipo y número de aviones estimados		Factor	EQA
1994	5	4	B-727	1.4	6
		1	F-27	0.6	
1998	6	5	B-727	1.4	9
		1	B-757	1.9	
2000	7	6	B-727	1.4	10
		1	B-757	1.9	
2005	8	6	B-727	1.4	12
		2	B-757	1.9	
2010	9	7	B-727	1.4	14
		2	B-757	1.9	

Aeropuerto Internacional de Guanajuato.

Desarrollo del edificio terminal.

- Vestíbulo de Documentación.

Etapa	EQA	Superficie
1994	6	550 m ²
1998	9	720 m ²
2000	10	790 m ²
2005	12	875 m ²
2010	14	950 m ²

- Sala de espera general.

Etapa	Pas/hor	No. de Asientos(1)	Superficie
1994	515	62	334 m ²
1998	655	83	424 m ²
2000	700	92	454 m ²
2005	772	98	500 m ²
2010	855	103	555 m ²

(1) Factor para calcular el número de asientos

$$\text{No. As.} = 0.15(\text{TPHP} \times 0.6 + \text{TPHP} \times 0.6 \times 1)$$

15% - Del No. de pasajeros de llegada en (TPHP + visitantes)

60% - Del total de TPHP y visitantes.

Aeropuerto Internacional de Guanajuato.

Desarrollo del edificio terminal.

- Salas de última espera.

Etapa	Posiciones en Plataforma	Aviones	Factor (m ² x avión)	Superficie
1994	5	5(B-727)	109	545 m ²
1998	6	5(B-727) 1(B-757)	109 149	694 m ²
2000	7	6(B-727) 1(B-757)	109 149	803 m ²
2005	8	6(B-727) 2(B-757)	109 149	952 m ²
2010	9	7(B-727) 2(B-757)	109 149	1,061 m ²

- Zona de reclamo de equipaje.

Etapa	EQA	EQA en 20 min.	10% de seguridad	Long. de Reclamo	Superficie
1994	6	2	2.2	60	200 m ²
1998	9	3	3.3	65	280 m ²
2000	10	3.33	3.7	107	370 m ²
2005	12	4	4.4	130	440 m ²
2010	14	4.67	5	150	510 m ²

Aeropuerto Internacional de Guanajuato.

Desarrollo del edificio terminal.

- Zona de manejo de equipaje.

Etapa	Long. Recl.	Superficie
1994	60	112 m ²
1998	95	130 m ²
2000	107	150 m ²
2005	130	167 m ²
2010	150	195 m ²

- Zona de equipaje de salida.

Etapa	EQA	Superficie
1994	6	150 m ²
1998	9	185 m ²
2000	10	220 m ²
2005	12	255 m ²
2010	14	290 m ²

- Vestíbulo de bienvenida.

Etapa	Pas/hor	Superficie
1994	515	460 m ²
1998	655	590 m ²
2000	700	630 m ²
2005	772	695 m ²
2010	855	760 m ²

Aeropuerto Internacional de Guanajuato.

Desarrollo del edificio terminal.

- Restaurantes y concesiones

Etapa	Pasajeros Anuales	Superficie Restaurantes	Superficie Concesiones
1994	678,834	548 m ²	441 m ²
1998	915,737	702 m ²	595 m ²
2000	1,018,460	752 m ²	662 m ²
2005	1,241,460	831 m ²	806 m ²
2010	1,429,656	917 m ²	929 m ²

- Inspección de seguridad.

Etapa	Pas/hor	Superficie
1994	515	9 m ²
1998	655	9 m ²
2000	700	9 m ²
2005	772	9 m ²
2010	855	11 m ²

- Sanitarios.

Se consideran 200 m² por cada 500 pasajeros en hora crítica.

- Areas complementarias (Circulaciones).

Se considera el 25% de la suma de áreas de los otros elementos.

- Estacionamiento.

Se consideran 0.001 lugares por cada pasajero anual y 36 m² por cada lugar.

Aeropuerto Internacional de Guanajuato.

Desarrollo del edificio terminal.

- Resumen de áreas requeridas del edificio terminal para cada etapa.

Año	1994	1998	2000	2005	2010
Elementos					
Vestibulo de Documentación	550	720	790	875	950
Sala de espera General	334	424	454	500	555
Salas de última espera	545	694	803	952	1,061
Zona de reclamo de equipaje	201	280	370	440	510
Zona de manejo de equipaje	112	130	150	167	195
Zona de equipaje de salida	150	185	220	255	290
Vestibulo de Bienvenida	460	590	630	696	760
Restaurantes	548	702	752	831	917
Concesiones	441	595	662	806	929
Sanitarios	136	184	204	250	290
Inspección de seguridad	9	9	9	9	11
Oficinas compañías*	180	200	200	200	200
Oficinas ASA*	355	355	355	355	355
Areas complementarias(Circs.)	1,005	1,267	1,400	1,584	1,756
Superficie total Edificio Terminal	5,026	6,335	7,000	7,920	8,779
Estacionamiento	24,408	32,940	36,650	41,690	46,152

(*)Estos elementos ya existían en el edificio, sus áreas no se calcularon.

CONCLUSIONES

Revisando el análisis de las áreas del edificio requeridas ante la demanda que se estimó para el año 1994 se observa que algunos elementos del edificio ya están saturados o cerca de saturarse, por otro lado ante el rápido incremento de la demanda que se está presentando la mayor parte de los elementos del edificio van a requerir ser ampliados en los próximos 5 años para que no se saturen.

Los elementos que están saturados o próximos a saturarse ante la demanda que se está presentando son: vestíbulo de documentación, vestíbulo de bienvenida, restaurante y las circulaciones. Estos elementos van a requerir obras de ampliación inmediatas.

- Vestíbulo de documentación. El área de este elemento se encuentra en el límite; aquí se puede hacer una redistribución de elementos, como son los mostradores, y aunque ésta solución sería temporal, nos permite esperar a hacer la ampliación junto con la de todo el edificio.

- Vestíbulo de Bienvenida. Este elemento está propenso a saturarse en poco tiempo; como solución inmediata también se puede hacer una redistribución de las concesiones relacionadas con el arribo de pasajeros, como son las arrendadoras de autos y las representaciones hoteleras, y hacer la ampliación junto con la de todo el edificio.

En el caso de las circulaciones hay que considerar que por ser determinadas mediante un porcentaje de la suma de las otras áreas, incrementan mucho el área total requerida para el edificio terminal y el restaurante que aunque ya sobrepasó su límite según los cálculos, es un elemento que probablemente pueda esperar a ser ampliado, convendría consultar con los concesionarios.

En resumen lo que se puede hacer de inmediato es redistribuir los vestíbulos de bienvenida y de documentación, y aproximadamente para 1998 hacer una gran ampliación del edificio terminal. Para llevarla a cabo se propone extender el edificio en sus dos alas extremas hacia afuera, para esto se tiene la ventaja de que el edificio está estructurado con marcos y los muros extremos de ambas alas no tengan función estructural, esto va a permitir ampliar ambos vestíbulos y las circulaciones. Por otro lado hacia el lado sureste se tiene espacio para hacer ampliaciones para los próximos 15 años, así como para hacer una terminal nueva en el caso de que se requiera.

Además de este análisis hecho con el método de FAA, también se hizo una revisión con el método de la Dirección General de Aeropuertos, los dos métodos arrojaron resultados similares respecto a los requerimientos de áreas.

Independientemente de estas ampliaciones propuestas, en el año de 1994 ASA llevó a cabo una serie de obras para cubrir las necesidades del edificio del aeropuerto. Con estas el edificio terminal modificó su superficie en los siguientes elementos:

Ampliaciones:

- Salas de última espera: 450 m²
- Oficinas para las compañías aéreas: 200 m²

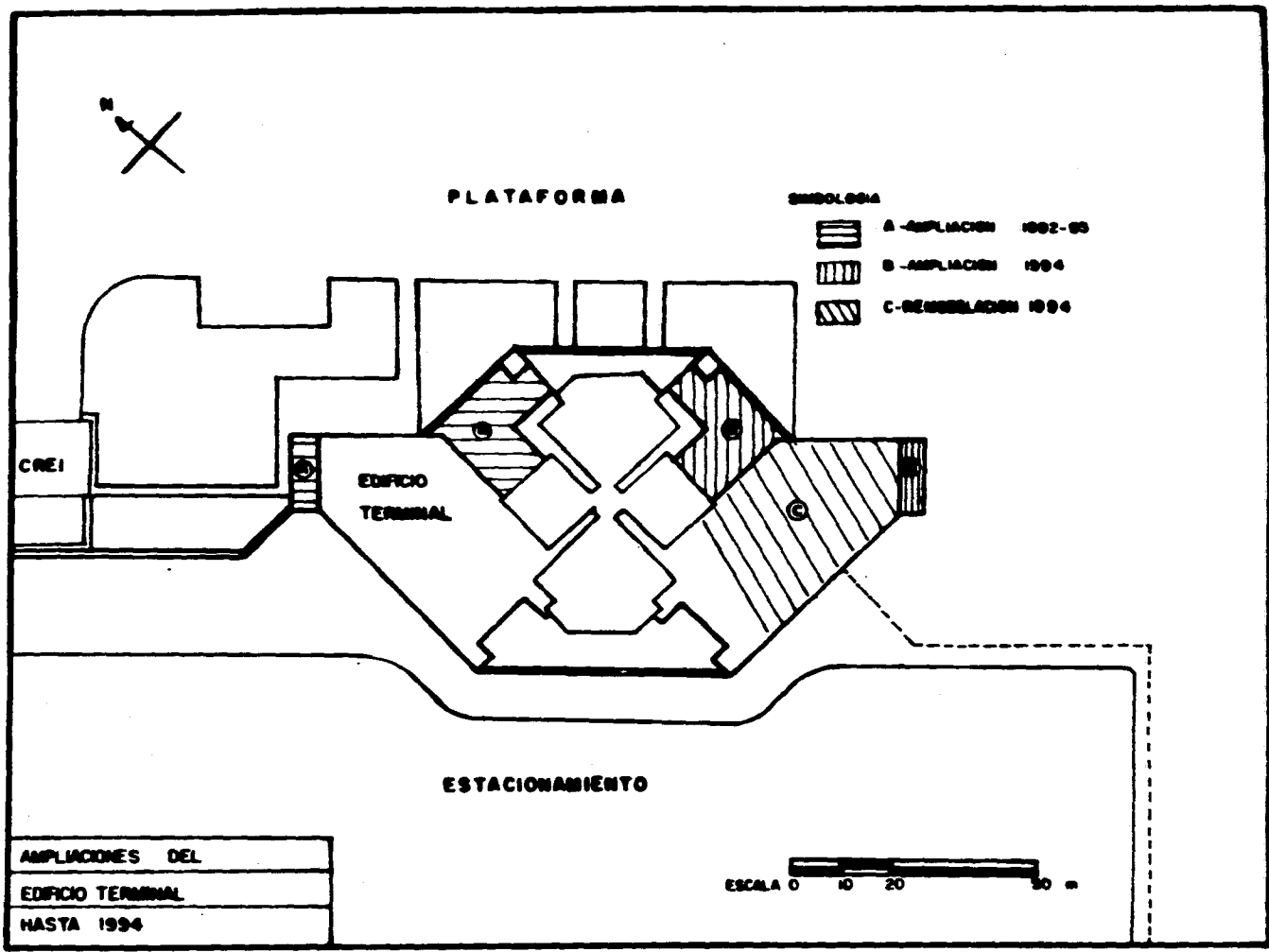
Además se remodelaran 456 m² del vestíbulo de boletaje y de la zona de manejo de equipaje de salida. Con estos cambios las superficies modificadas del edificio terminal quedaron de la siguiente forma:

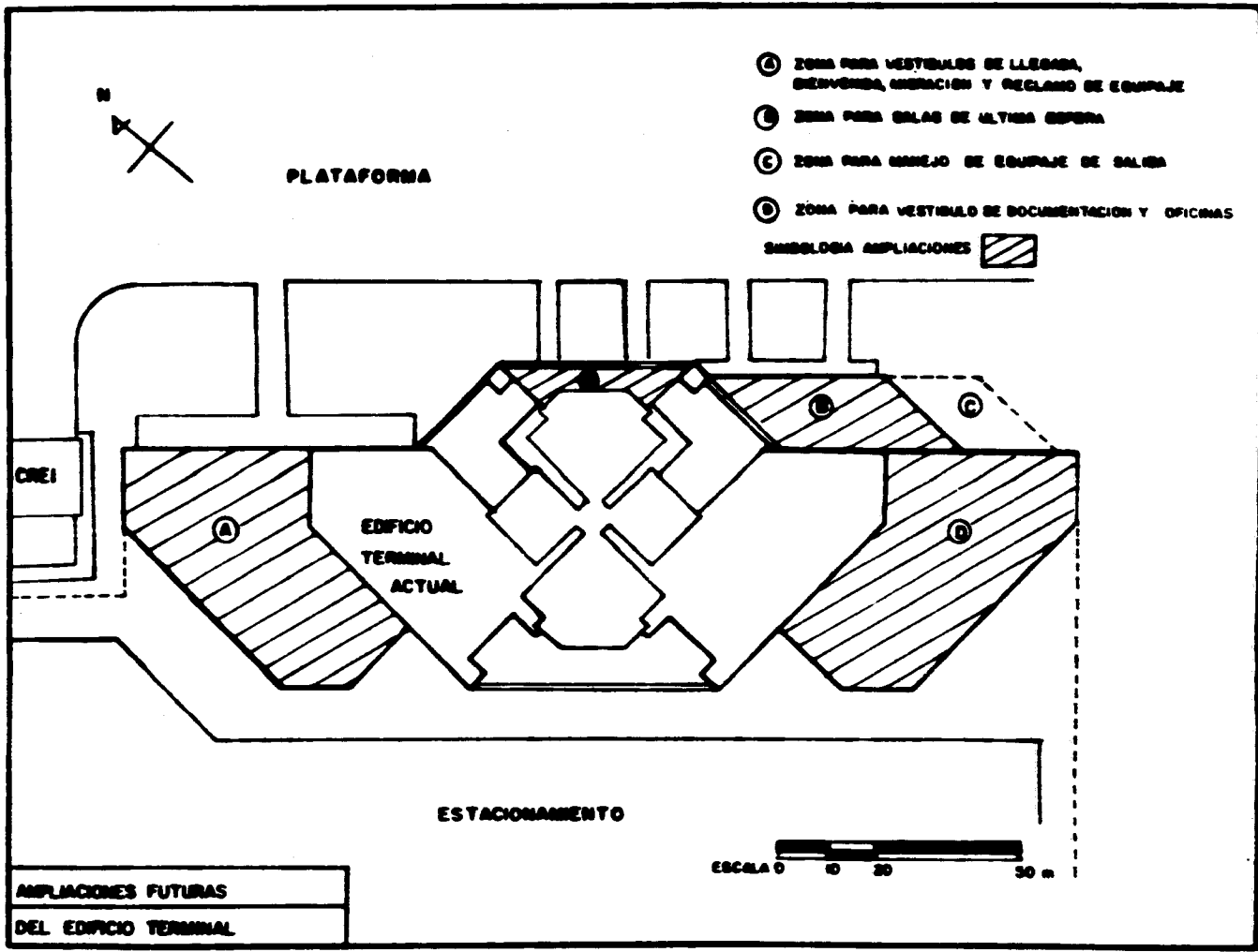
- Salas de última espera: sala A: 588 m²
sala B: 450 m²
- Vestíbulo de documentación: 543 m²
- Zona de manejo de equipaje: 228 m²
- Oficinas compañías aéreas: 200 m²
- Área total edificio terminal: 5,367 m²

Respecto a la ampliación que se llevó a cabo en el año 1993 y la que se llevó a cabo en 1994, estas se hicieron en dos zonas en las que originalmente se tenían jardineras, que se encontraban aledañas a la plataforma y estaban dispuestas simétricamente entre sí. En la ampliación de 1993 se quitó la primera jardinera y se construyó una sala de llegada con reclamo de equipaje para vuelos nacionales destinando la existente a los vuelos internacionales. Después en la ampliación de 1994 se construyó sobre la otra jardinera una sala de última espera lo que permitió que se disponga de dos salas de este tipo las cuales son de uso indistinto para vuelos nacionales, internacionales o regionales.

Por otro lado respecto al estacionamiento éste no tiene capacidad suficiente para la demanda actual, para ampliarlo se cuenta con un lote de reserva aledaño que tiene el área suficiente para atender el déficit actual y la demanda de etapas futuras.

Concluyendo respecto a éste análisis del desarrollo del edificio terminal cabe recalcar que este se hace en base a las predicciones actuales. Pero como ha ocurrido desde que se puso en operación el aeropuerto el tráfico de pasajeros comerciales en un futuro puede variar mucho, así como, las necesidades de la terminal; por lo que se debe hacer un seguimiento más discreto en el transcurso de los años para poder manejar la situación de aeropuerto de una forma más eficiente.





PLATAFORMA

- Ⓐ ZONA PARA VESTIBULO DE LLEGADA, SERVIDORA, OPERACION Y RECLAMO DE EQUIPAJE
- Ⓑ ZONA PARA SALAS DE ALTA ESPERA
- Ⓒ ZONA PARA MANEJO DE EQUIPAJE DE SALIDA
- Ⓓ ZONA PARA VESTIBULO DE DOCUMENTACION Y OFICINAS

SIMBOLOS AMPLIACIONES

CREI

EDIFICIO
TERMINAL
ACTUAL

ESTACIONAMIENTO



AMPLIACIONES FUTURAS
DEL EDIFICIO TERMINAL

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LAS PLATAFORMAS

PARA EL ESTACIONAMIENTO DE AVIONES

PROYECTO DE PLATAFORMAS

La plataforma es un área, que esta destinada para el estacionamiento de aeronaves. Hay diversos tipos de plataformas en función del uso que estas tengan. Los principales tipos de plataformas son:

- 1) **Plataformas de Operaciones:** Son las destinadas al movimiento de pasajeros y están ubicadas frente al edificio terminal.

- 2) **Plataformas de carga:** Es la destinada al manejo de la carga aérea.

- 3) **Plataformas de Estacionamiento o pernocta:** En estas plataformas se permite tener estacionadas a las aeronaves cuando no van a realizar ninguna actividad.

- 4) **Hangares de mantenimiento:** En los hangares de mantenimiento se cuenta con plataformas destinadas a dar servicio a las aeronaves ya sea de mantenimiento, o de compostura.

- 5) **Plataformas para la Aviación General:** En éstas se estacionan generalmente aviones pequeños, de particulares, taxis aéreos, escuelas, etc.

Las plataformas más importantes en un aeropuerto destinado al uso de la aviación comercial son las plataformas de operaciones; el dimensionamiento de éstas es de gran importancia en el proyecto aeroportuario, para esto se deben considerar los siguientes factores.

- 1) Dimensiones y características de la aeronaves que la utilizarán.**
- 2) Demanda que se tendrá debido al tráfico de pasajeros.(Posiciones simultáneas)**
- 3) Población de aviones. (Cantidad de cada tipo)**
- 4) Configuración que tenga la plataforma con el edificio terminal.**
- 5) Forma de entrar y salir de la aeronave a la plataforma.(Por su propio impulso o con ayuda de un tractor)**
- 6) Tipo de servicios que van a recibir las aeronaves.**
- 7) Separación entre eje de calle de rodaje, objetos y obstáculos.**

Para determinar la separación entre aeronaves, la distancia entre el eje de pista y una calle de rodaje y una calle de acceso a una posición, la FAA hizo una clasificación de aeronaves en función de su tamaño. Esta clasificación es la siguiente.

Grupo de Aeronaves	Tipos de Avión
A	FH-227, YS-11B, BAC-111, DC-9/10
B	DC-9/30, B-727, B-737
C	B-707, B-720, DC-8/(43,51)
D	DC-8/(61,63)
E	DC-10, L-1011, B-747

Una vez que se define el tipo de aeronaves que van a operar se pueden determinar las dimensiones que requerirá la plataforma para uno o varios grupos de aeronaves.

Clave de grupo de aeronaves.	A	B	C	D	E
Separación entre aeronaves estacionadas.	3.0	3.0	4.5	7.5	7.5
Distancia entre eje de una calle de acceso a una aeronave estacionada.	12	16.5	24.5	36	40
Distancia entre eje de una calle de rodaje en plataforma y una aeronave.	13.5	19.5	28.5	42.5	46.5

Las unidades están en metros.

En resumen para diseñar las plataformas para la aviación comercial hay que determinar dos factores básicos.

1) **Determinar el tipo de aeronaves que van a operar regularmente en el aeropuerto.**

2) **Determinar el número de posiciones simultáneas que se van a requerir en función del número de operaciones que se estimen.**

Para determinar estos factores nos debemos apoyar en los pronósticos que se tengan de pasajeros horarios y operaciones horarias. Para el cálculo de las posiciones simultaneas se tienen las siguientes expresiones:

A) Fórmula 1.

$$N = \frac{V \cdot t}{U}$$

Donde:

N - No. de posiciones simultaneas.

V - No. de aeronaves de llegada por hora.

t - Tiempo medio de ocupación del espacio o de la posición. (Horas)

U - Factor de utilización de espacio (o posición).

0.6 - Posiciones exclusivas.

0.8 - Posiciones compartidas.

B) Fórmula 2.

$$N = m \cdot q \cdot t$$

Donde:

m - No. de aeronaves de llegada por hora.

q - Porcentaje de llegadas con respecto al total en una hora.
(Llegadas + Salidas)

t - tiempo de ocupación (Horas).

C) Determinación de posiciones apoyándose con gráficas en función del número total de pasajeros comerciales anuales de salida.

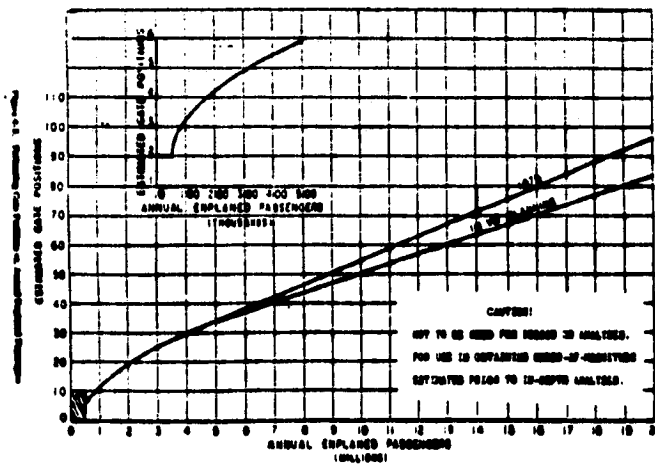


Figura 4.1 Gráfica para determinar el número de posiciones simultáneas.

Finalmente otro de los aspectos más importantes del proyecto de la plataforma es la pavimentación que esta lleva. Como se menciona en el capítulo II, la pavimentación de la plataforma es la misma que la de la pista de aterrizaje; este tipo de pavimentación es bastante costoso debido a los espesores que se tienen en las capas. Además hay que considerar que el pavimento de la plataforma tiene más desgaste que el de la pista, debido a que el peso de las aeronaves afecta más cuando es estático que cuando es dinámico.

El pronóstico de las posiciones que se requieren en el Aeropuerto Internacional de Guanajuato ante la demanda actual de pasajeros de aviación general y la que se espera en el futuro es el siguiente:

Año	Pasajeros Anuales	Pasajeros de llegada	Posiciones requeridas	Superficie total Plataforma
1994	678,834	339,417	5	27,000 m ²
1998	915,737	457,868	6	32,400 m ²
2000	1,118,460	559,230	7	37,800 m ²
2005	1,241,871	620,828	8	43,200 m ²
2010	1,429,656	714,828	9	48,600 m ²

DESARROLLO DE PLATAFORMAS EN EL AEROPUERTO DE GUANAJUATO

En el proyecto original del aeropuerto se construyó una plataforma de 90 m x 180 m ocupando una superficie de 16,200 m². Con estas dimensiones se tenía una capacidad para 3 posiciones simultáneas con las que se esperaba atender aviones del tipo B-727/200, esto con una configuración lineal de edificio terminal-plataforma.

Ante el incremento que ha habido de la actividad aérea, la capacidad de la plataforma se saturó, por lo que en el año de 1994 se amplió la plataforma actual en 65 m x 90 m quedando la superficie total de la plataforma con un área de 22,140 m² y 4 posiciones simultáneas que permiten operar normalmente a aviones del tipo B-727/200, MD-80, B-757, y A-310, que entran y salen de la plataforma por su propio impulso. Las obras de ampliación se iniciaron en el mes de junio de 1994 y quedaron concluidas en septiembre del mismo año.

Por otro lado también se pavimentaron y se anexaron a la plataforma las zonas libres que separaban a la plataforma de la Aviación General de la plataforma de Aviación Comercial. Esta ampliación permite contar con una posición extra en el caso de que se llegaran a saturar las otras 4 posiciones, aunque no es considerada formalmente como una posición más de la Aviación Comercial. Formalmente esta posición se puede destinar para los aviones usados en la aviación regional que son más pequeños. Es importante recalcar que en esta posición extra se tiene la capacidad de estacionar aeronaves similares a las que se albergan en las otras 4 posiciones, como es el B-727/200, o el MD-80.

Además de las ampliaciones de plataformas, se construyó un área aledaña a la parte trasera de la cuarta posición, que está destinada a guardar todo el equipo de rampa. Este equipo está conformado por escaleras para el ascenso y descenso de pasajeros a las aeronaves, carritos para acarreo de equipaje, carritos impulsores, equipo de Comisariato, etc.

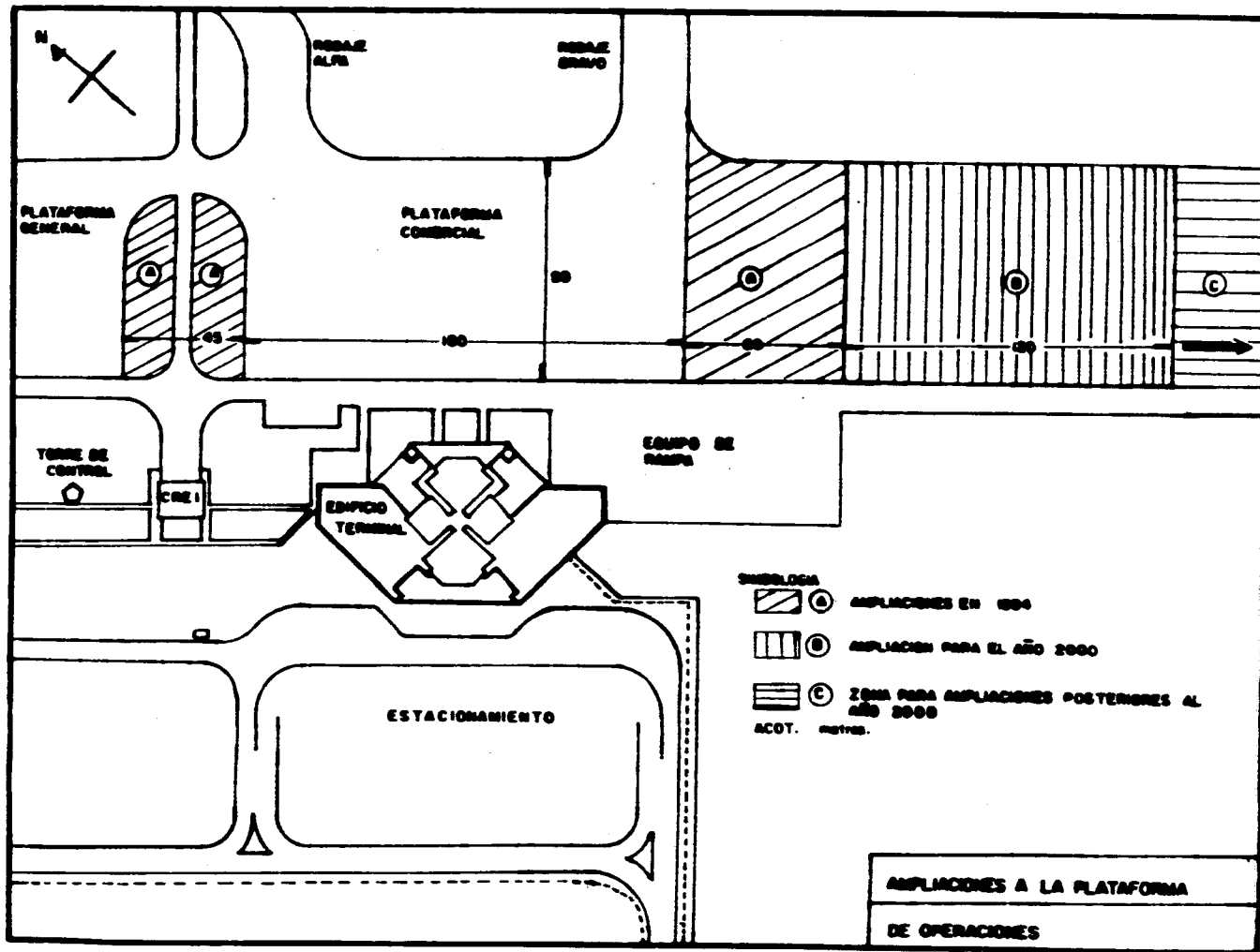
PROYECTOS CONSTRUCTIVOS

Ante las necesidades estimadas de posiciones en plataforma se va a requerir que esta se amplíe en un área de 90 m x 60 m en cada etapa. En el caso de la etapa de 1998 se tendrán que construir dos posiciones para superar el rezago que se tenga. Para esto se sugiere construir una posición para el año de 1995 y otra para el de 1996.

Por otro lado se puede continuar ampliando la plataforma en sentido horizontal hacia el lado sureste del aeropuerto, respetando la configuración lineal edificio terminal-plataforma, ya que se dispone con el espacio suficiente para esto; pero como las nuevas posiciones se van a alejar del edificio terminal se sugiere incluir autobuses especiales para el transporte de pasajeros en plataforma ya que estas van a estar ubicadas como posiciones remotas.

Hay que considerar que debido a la topografía del terreno se va a tener que recortar una pequeña loma que se encuentra frente a las instalaciones de almacenamiento de combustibles, esto encarecerá el proceso constructivo, pero aún así ésta es la zona más idónea para llevarlas a cabo.

En el caso de la plataforma para la aviación general esta tiene capacidad para atender la demanda más allá del año 2010 según los pronósticos que se tienen.



CAPITULO V

DESARROLLO DE LAS INSTALACIONES PARA CARGA AEREA

La zona del Bajío es una de las grandes regiones de actividad económica de la República Mexicana debido a su gran desarrollo industrial y agrícola. En apoyo al crecimiento de la región, el aeropuerto de Guanajuato ha impulsado la conexión con otras partes de la República y del extranjero en el renglón de comunicaciones y transportes.

Dentro del gran crecimiento que se ha dado en el aeropuerto se ha visto la conveniencia de que pudiera tener una terminal para el manejo de carga aérea en apoyo a la actividad económica de la región.

GENERALIDADES DE UNA TERMINAL DE CARGA AEREA

Una terminal de carga aérea optimiza la actividad de un aeropuerto, ya que es de gran importancia separar el sitio donde se maneja la carga aérea de la zona donde se atiende a los pasajeros. En muchos aspectos las actividades que se llevan a cabo en una terminal de carga son similares a las que se llevan a cabo en una terminal de pasajeros, aunque las características de ambas terminales son muy diferentes. Las actividades que se llevan a cabo en una terminal de estas características son las siguientes:

- 1) **Conversión.** Esto consiste en acomodar los insumos que se van a transportar

en contenedores usados especialmente para el manejo de carga aérea. Estos contenedores se conocen como Pallets, y facilitan el manejo de la carga aérea.

2) Clasificación. Esta actividad consiste en clasificar la carga en función del destino y también hacer combinaciones de ésta para ser introducida al avión.

3) Almacenamiento. El almacenamiento de carga aérea es necesario para poder llevar a cabo las dos actividades mencionadas.

4) Tramitación. Se refiere a la documentación que se lleva a cabo en relación al movimiento y los traslados de la carga.

Los factores que intervienen en el dimensionamiento de la terminal de carga aérea son los siguientes.

- Toneladas de carga a mover.
- La cantidad, la mezcla, y el flujo que se tenga de carga aérea.
- La características de los medios de transporte aéreo y terrestre.
- Los trámites que se requieran hacer y las facilidades que se tengan.
- Grado de mecanización y equipo con el que se disponga.

Los elementos que deben ser considerados para el diseño de una terminal de carga aérea son:

1. Predicción de la demanda y del tipo de carga que se va a manejar en la terminal.

Debe definir cual tipo de mercancías se va a manejar mayoritariamente.

2. Predicción de la actividad aérea y del tipo de aeronaves.

Se debe determinar la actividad aérea y el tipo de aeronaves que van a transportar la carga aérea.

3. Determinar la capacidad de cada uno de los elementos que conformarán la terminal.

Hay que diseñar la terminal y determinar el área que requieren sus principales elementos como son: Área total de la terminal, bodegas, Almacenes para contenedores y Pallets, Posiciones de carga y descarga etc.

4. Tipo de mecanización que se va a tener para el manejo de contenedores.

Determinar el tipo de mecanización que tendrá la terminal. Esta varía en función del tráfico de mercancías que se va a tener. Para aeropuertos como el de Guanajuato se recomienda un grado mediano de mecanización el cual cuenta con equipo para movimiento de carga y descarga de los contenedores.

5. Determinación del sitio.

Hay que disponer del espacio suficiente para construir la terminal, la plataforma, y los accesos terrestres. También la terminal de carga debe estar

1. Predicción de la demanda y del tipo de carga que se va a manejar en la terminal.

Debe definir cual tipo de mercancías se va a manejar mayoritariamente.

2. Predicción de la actividad aérea y del tipo de aeronaves.

Se debe determinar la actividad aérea y el tipo de aeronaves que van a transportar la carga aérea.

3. Determinar la capacidad de cada uno de los elementos que conformarán la terminal.

Hay que diseñar la terminal y determinar el área que requieren sus principales elementos como son: Area total de la terminal, bodegas, Almacenes para contenedores y Pallets, Posiciones de carga y descarga etc.

4. Tipo de mecanización que se va a tener para el manejo de contenedores.

Determinar el tipo de mecanización que tendrá la terminal. Esta varía en función del tráfico de mercancías que se va a tener. Para aeropuertos como el de Guanajuato se recomienda un grado mediano de mecanización el cual cuente con equipo para movimiento de carga y descarga de los contenedores.

5. Determinación del sitio.

Hay que disponer del espacio suficiente para construir la terminal, la plataforma, y los accesos terrestres. También la terminal de carga debe estar

separada lo suficientemente de la terminal de pasajeros para que no se interfieran en sus actividades.

6. Criterios de diseño arquitectónico.

Se debe ser muy preciso en decisiones de diseño arquitectónico para darle la mejor funcionalidad posible a los diferentes elementos, así como tener espacio suficiente para expansiones futuras.

7. Disponibilidad de otras áreas.

En todos los casos va a ser necesario disponer de áreas destinadas a los siguientes elementos: (1) Area de equipo de mantenimiento y apoyo; (2) Area para inspecciones de seguridad y aduana; (3) Area para almacenaje de pecuarios y todo lo relativo a su manutención; (4) Area para insumos peligrosos como son material químico, radioactivo, etc.; (5) Area para un frigorífico.

**PROYECTO DE UNA TERMINAL DE CARGA PARA EL AEROPUERTO DE
GUANAJUATO**

Las estadísticas y predicciones de movimiento de carga aérea en el aeropuerto son las siguientes.(figura 5.1)

**Aeropuerto Internacional de Guanajuato.
Pronóstico de la Carga Aérea.**

Datos estadísticos hasta 1993

Figura 5.1

Año	Nacional	Internacional	Total
1990	628	7	635
1991	1,042	50	1,092
1992	2,131	252	2,383
1993	2,617	296	2,913
1994	2,814	331	3,145
1995	3,000	364	3,364
1996	3,177	395	3,572
1997	3,345	425	3,770
1998	3,505	453	3,958
1999	3,658	481	4,139
2000	3,805	507	4,312
2001	3,946	532	4,478
2002	4,081	556	4,637
2003	4,212	579	4,791
2004	4,337	601	4,938
2005	4,458	623	5,081
2006	4,575	643	5,218
2007	4,688	663	5,351
2008	4,750	683	5,433
2009	4,903	702	5,605
2010	5,006	720	5,726

* Todas las cantidades en toneladas.

Para el diseño de la terminal aérea se tiene el siguiente método para determinar las áreas básicas. Con este método se diseña en función del tráfico de carga estimado para un año. En el aeropuerto de Guanajuato se hace una propuesta de diseño para una terminal de carga del tráfico estimado para el año 2010.

Aeropuerto Internacional de Guanajuato.

Diseño de la terminal de Carga.

Vida útil 15 Años

Tráfico de carga aérea estimada para el año 2010

Total tráfico estimado:	5,726 ton
- Nacional	Total
entrada	2,503 ton
salida	2,503 ton
- Internacional	Total
importación	360 ton
exportación	360 ton

Porcentaje recibido en terminal procesado en contenedores

Doméstico entrada 40%

Doméstico salida 20%

Porcentaje para el mes c/mayor demanda (Nal.): 10% del tráfico anual

Porcentaje para el mes c/mayor demanda (Imp.): 15% del tráfico anual

Porcentaje para el mes c/mayor demanda (Exp.): 12% del tráfico anual

Porcentaje para el día de mayor tráfico: 5% del mes de mayor tráfico

1) Estructura del Tráfico.

Tipo	Total	c/contenedores	sin contenedores
Nacional			
Entrada	2,503	$2,503 \times 0.4 = 1,001$	$2,503 \times 0.6 = 1,502$
Salida	2,503	$2,503 \times 0.2 = 501$	$2,503 \times 0.8 = 2,002$
		Sum: 1,502	Sum: 3,504
Internacional			
Importación	360	-	360
Exportación	360	-	360
Totales	5,726	1,502	4,224

	Contenedores (Nal.)	Sin Contenedores (Exp.)	Importación
Tráfico máximo mensual	$1,502 \times 0.1 = 150.2$	$4,224 \times 0.08 = 338$	$360 \times 0.15 = 54$
Tráfico máximo en día Crítico	$0.05 \times 150.2 = 7.5$	$338 \times 0.05 = 16.9$	$54 \times 0.05 = 2.7$
Tráfico máximo en hora crítica	$7.50 \times 0.3 = 2.3$	$16.9 \times 0.25 = 4.2$	$2.7 \times 0.2 = 0.54$

2) Cálculo de las instalaciones.

1. Instalaciones para contenedores.

Coefficiente de importación -- 1.8 t/m²/hora

$$\text{Pallets} = \frac{\text{Flujo en hora máxima}}{\text{Coef. de importación}} = \frac{2.3 \text{ t}}{1.8} = 2 \text{ pallets}$$

Se recomienda 1 puerta para transporte terrestre por cada 20 pallets.

Por lo que solo requerimos 1 puerta.

2. Instalaciones para carga doméstica (nacional y exportación).

$$\text{A) Superficie} = \frac{\text{Volumen anual}}{\text{Coeficiente}} = \frac{5,366 \text{ t}}{13.5 \text{ t/m}^2/\text{año}} = 415 \text{ m}^2$$

$$\text{B) No. de Puertas} = \frac{\text{Flujo en hora máxima}}{\text{coeficiente}} = \frac{4.3 \text{ t}}{3.5 \text{ t/m}^2/\text{hora}} = 2 \text{ puertas}$$

3. Instalaciones para importación.

$$\text{Superficie} = \frac{\text{Volumen Anual}}{\text{Coeficiente}} = \frac{360 \text{ t}}{5.5 \text{ t/m}^2/\text{año}} = 100 \text{ m}^2$$

4. Area Total. Σ áreas = 515 m²

- Areas según recomendaciones de la IATA¹

A) Area para carga nacional y de exportación.

Area = Volumen anual x Coeficiente

Area = 5,366 t x 0.098 m²/t/año = 526 m²

1. IATA. Asociación internacional del transporte aéreo; asociación que agrupa a todas las líneas aéreas comerciales.

B) Area para carga de importación.

Area = Volumen anual x Coeficiente

Area = 360 t x 0.107 m³/t/año = 45 m³

C) Area total según IATA

Area = 566 m³

Para el caso del aeropuerto de Guanajuato se consideró a las mayores áreas de cada método por seguridad, por lo que estas serían las siguientes.

- | | |
|---|--------------------|
| 1) Area para carga nacional y de exportación. | 526 m ³ |
| 2) Area Carga de importación. | 100 m ³ |

Además hay que considerar las siguientes superficies complementarias

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| 3) Oficinas generales. | 100 m ³ |
| 4) Aduana, oficinas SHCP, PGR. | 150 m ³ |
| 5) Baños y vestidores. | 40 m ³ |
| 6) Inspección de seguridad. | 20 m ³ |
| 7) Cuarto para sustancias peligrosas. | 20 m ³ |
| 8) Cuarto para Frigorífico. | 20 m ³ |
| 9) circulaciones (25% Σ áreas) | 244 m ³ |
| Area total terminal de carga. | 1,220 m³ |

Además se debe agregar a la terminal otros elementos para el funcionamiento de la terminal.

Estos elementos son los siguientes.

- | | |
|---------------------|---|
| 1) Plataforma | Con dimensiones de 90 m x 120 m y una superficie de 10,800 m ² para 2 aviones del tipo B-727/200. |
| 2) Estacionamiento. | Con dimensiones de 50 m x 30 m y una superficie de 1,500 m ² con capacidad para 5 trailers y 20 automóviles. |

- 3) Calle de Rodaje. Se va a requerir una calle de rodaje perpendicular que comunique la plataforma de la terminal de carga con la pista en de la cabecera 31, este rodaje se puede unir al paralelo a la pista que se va a construir en el futuro.(Ver capítulo VI)
- 4) Acceso. Se va a requerir construir un camino de acceso que entronque con el acceso de la terminal de pasajeros y la carretera León-Silao. Si no es factible unirse con el acceso de la terminal de pasajeros habrá que construir un entronque y un puente independientes que unan a la terminal de carga con la carretera León-Silao.
-

COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Además de esta propuesta de proyecto para la terminal de carga se deben analizar otros factores que están relacionados con la actividad económica de la región. Respecto a la Ingeniería aeroportuaria el proyecto es factible, ya que se cuenta con el espacio y los requisitos necesarios para llevarlo a cabo. Pero por otro lado se deben hacer estudios más a fondo para ver si la terminal va a ser factible económicamente, ya que su realización sería costosa. En la región del Bajío destacan las siguientes actividades económicas:

- Industria del cuero y del calzado.
- Industria Textil.
- Industria maquiladora.
- Industria alimenticia.
- Actividades agropecuarias.

Además se acaba de instalar una planta automotriz de la General Motors en la región. Concluyendo esto, la construcción de la terminal de carga aérea es algo que

puede resultar muy conveniente si se sabe promover adecuadamente y adaptar a las necesidades de la región y de los usuarios.

Al respecto, al gobierno del estado de Guanajuato ha analizado la conveniencia de construir un parque industrial en terrenos aledaños al aeropuerto, próximos a la cabecera 13, entre el límite del aeropuerto y la vía del ferrocarril, en donde se podría disponer de un recinto fiscal con bodegas e instalaciones y un rodaje de comunicación con una plataforma para estacionamiento de aviones, que estaría ubicada dentro del aeropuerto. El proyecto es atractivo y podría desarrollarse por etapas para evitar una inversión inicial fuerte en la reubicación de la vía férrea.

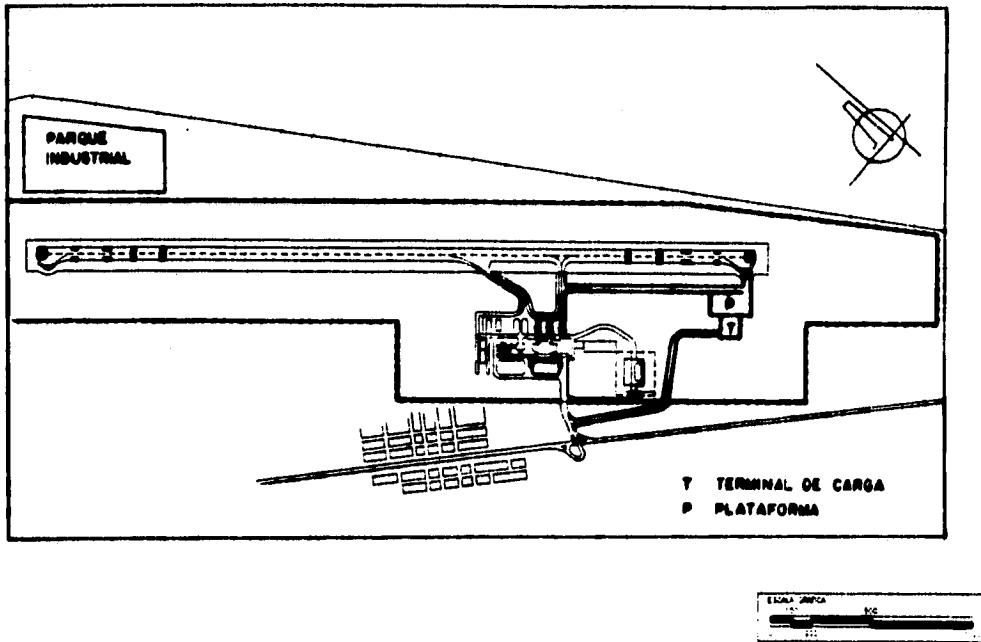
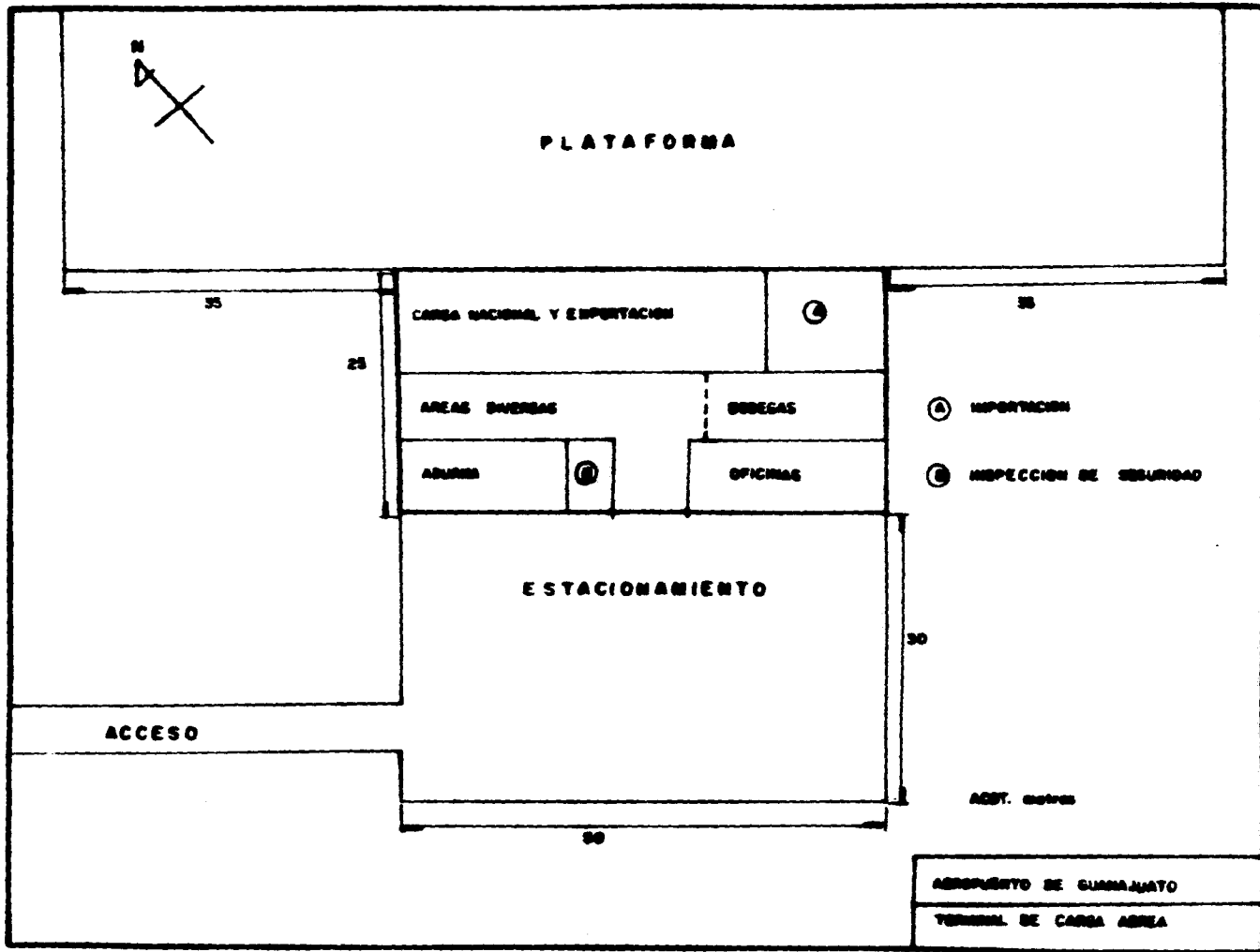


Figura 5.2 Localización de la terminal de carga.



CAPITULO VI

DESARROLLO DEL AEROPUERTO A LARGO PLAZO

En el diseño de aeropuertos, se deben de proponer etapas de crecimiento hasta alcanzar un desarrollo máximo. Todo este proceso se contempla en lo que se conoce como plan maestro, que es un documento que pretende englobar todas la etapas hasta el final de su vida útil.

En las etapas de desarrollo de los diferentes elementos del aeropuerto internacional de Guanajuato que se describen anteriormente se abarcan etapas de los años 1995 al año 2010. Ahora para etapas posteriores al año 2010 es necesario considerar que la vida útil del aeropuerto no termina ahí.

DESARROLLO A LARGO PLAZO

Para incrementar la capacidad de la zona aeronáutica (Pista y rodajes) se deberá construir un rodaje paralelo a la pista que tenga su misma longitud; este rodaje paralelo permitirá incrementar la capacidad de esta zona en más de un 75%. La capacidad de la pista se prevé que se saturará para el año 2002, por lo que se sugiere que la construcción del rodaje se lleve a cabo en el año 2000.

Para años posteriores al 2010 habrá de definir la factibilidad de construir una segunda pista paralela a la actual, que estaría destinada al uso de la aviación general, para descongestionar las operaciones. Esta nueva pista tendría una longitud de 2,040 m, con

un ancho de 30 m, y estaría separada 210 m de la pista principal. Con oportunidad debe revisarse la situación de los terrenos aledaños al aeropuerto que se ubican entre el lindero noreste y la línea ferroviaria México-Cd.Juárez, e iniciar las expropiaciones necesarias; pero sobretodo evitar que se edifiquen instalaciones en ellos, dentro de una superficie cuando menos de 55 hectáreas.

Además se deberán construir más rodajes para atender a las dos pistas, lo recomendable sería construir hasta 7 rodajes. Estos serían 2 perpendiculares a la pista principal, otro de alta velocidad para la pista principal, y 4 extras para la segunda pista. Todos estos además del rodaje paralelo que se sugiere anteriormente.

Con estas acciones, la zona aeronáutica podrá atender hasta un total de 90 operaciones horarias.

Para el caso del Edificio Terminal de pasajeros, además de que se va a tener que seguir ampliando, se propone cambiar al tipo de "Dos niveles" respecto a sus operaciones verticales. Además la configuración plataforma-edificio terminal se sugiere que sea del tipo "Muelle o Dedo", por lo que se requerirá ampliar la plataforma al doble de su ancho, para permitir la construcción de la configuración propuesta. (Independientemente de las ampliaciones ya propuestas en el capítulo IV).

Esta configuración permitiría alojar hasta 12 aviones del tipo B-727/200, además de 3 posiciones remotas. La expansión del edificio terminal y las plataformas será hacia

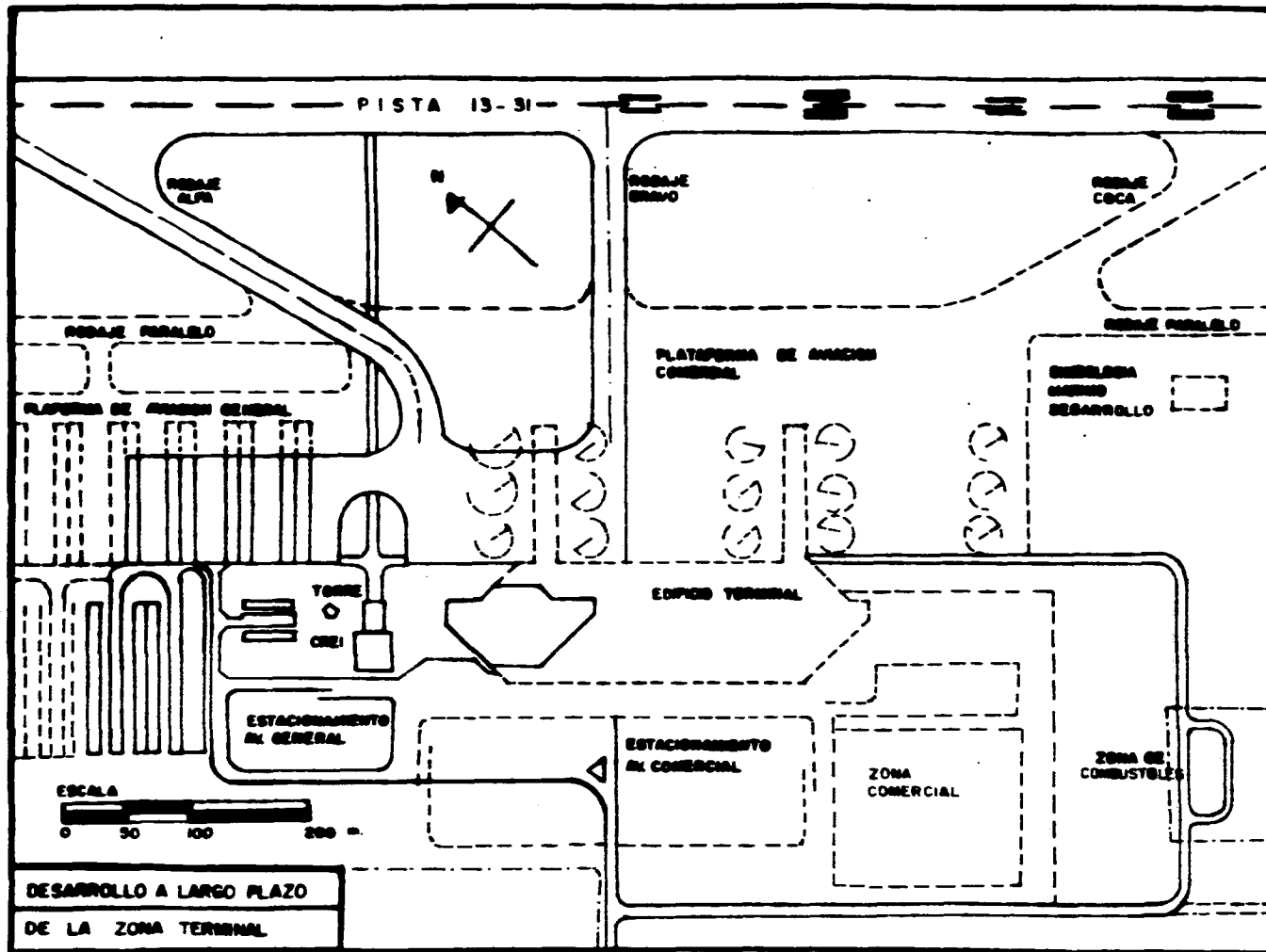
el sureste de la zona terminal actual.

Dadas las dimensiones que podrían alcanzar estas ampliaciones, será necesario reubicar las instalaciones del edificio de servicios hacia una zona de carga y mantenimiento de grandes dimensiones, esto también hacia el sureste del aeropuerto.

En cuanto al conjunto de la aviación general, sus ampliaciones serán al noroeste, tanto en su plataforma como en sus hangares y en su estacionamiento.

En la zona de combustibles, será necesaria una ampliación en sus terrenos al doble del área actual. Para ese máximo desarrollo, el suministro de combustible, tanto a la aviación comercial y general, así como a la base de mantenimiento y plataforma de carga deberá hacerse por medio de hidrantes.

Para la vialidad en el aeropuerto la demanda de vehículos que circularan en sus diversas instalaciones, hará necesaria, la ampliación del camino de acceso y vialidades de servicio.



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Aeropuerto Internacional de Guanajuato se construyó para sustituir a otro que no se podía ampliar, que estaba muy restringido en cuanto a su capacidad para recibir aeronaves comerciales grandes, y que no cumplía con las normas de espacios aéreos,(Aeropuerto de Sn.Carlos).

Para planear la demanda esperada del nuevo aeropuerto se tomó como referencia la actividad aérea que había tenido el aeropuerto anterior y algunos otros parámetros.

De la revisión realizada a lo largo del presente trabajo pueden derivarse los siguientes comentarios acerca del diseño del aeropuerto de Guanajuato:

A) Zona Aeronáutica.- La longitud de pista diseñada permite la operación de aeronaves como el MD-80 y el B-727/200 en vuelos directos a toda la República Mexicana y a ciudades como Los Angeles, Denver y Atlanta en los Estados Unidos de Norteamérica o San José Costa Rica en Centroamérica. Ello ha sido suficiente para satisfacer las necesidades de comunicación de la región a la cual sirve el aeropuerto.

Las calles de rodaje fueron diseñadas en número y geometría acordes con la demanda esperada. Respecto a la plataforma si bien resultó escasa de capacidad en el corto plazo, haberla construido de mayores dimensiones hubiera implicado

el riesgo de una subutilización y una sobreinversión inicial, que no era conveniente. Las ayudas visuales y electrónicas para la navegación aérea fueron las adecuadas para el servicio esperado.

B) Zona terminal.- El edificio terminal de pasajeros con una superficie de 4,717 m² permitía prever la atención a una demanda de 3 vuelos simultáneos y una magnitud de 615,000 pasajeros anuales. Dada la relativa facilidad para realizar ampliaciones, se considera adecuada la estrategia de no sobrediseñar tampoco esta instalación aeroportuaria. Sin embargo, a la luz de lo acontecido deberían haberse previsto espacios suficientes para realizar la ampliación del área de documentación sin afectar la operación de la terminal.

C) Zona de combustibles.- Los tanques con capacidad para un total de 300,000 litros han sido suficientes para atender las necesidades que se han presentado.

Desde que comenzó a operar el nuevo aeropuerto de Guanajuato en febrero de 1990, la actividad aérea en la aviación comercial se ha incrementado de tal forma que se han superado todos los pronósticos de tráfico que se tenían, por lo que para el año de 1994 se alcanzó ya la demanda que se esperaba para el año 2000.

Esta situación provocó que el Edificio Terminal se haya tenido que ampliar en dos ocasiones, una en 1992 y otra en el año de 1994, cuando originalmente la primera ampliación se esperaba hasta 1995.

Esto no se debe tanto a que se haya hecho una mala planeación, ya que esta se hizo con el antecedente del aeropuerto anterior, por lo que es más razonable ver la situación desde el punto de vista de que este aeropuerto ha sido un éxito debido a sus características que han permitido la operación de un número mayor de aeronaves de mayor capacidad, y son las líneas aéreas las que han buscado atender este destino y las que han incrementado el tráfico. Esto demuestra que el aeropuerto ha sido un elemento muy importante que ha favorecido a la región y a su desarrollo.

Es recomendable seguir muy de cerca el comportamiento de la demanda para identificar oportunamente las necesidades a satisfacer, afortunadamente las ampliaciones que se han requerido se han logrado llevar a cabo sin alterar mayormente las operaciones del aeropuerto; a pesar del rápido crecimiento de la demanda las instalaciones están planeadas para atender las necesidades del siglo XXI y hacer las ampliaciones que se requieran.

Respecto a las posiciones de la plataforma de la aviación comercial que formalmente son 4, (incluyendo la nueva que se hizo en 1994), están al límite de la saturación y se tendrá que hacer un esfuerzo para seguir ampliando la plataforma en los próximos años para acabar con el rezago.

Respecto al edificio terminal también se va a requerir seguir ampliándolo en un futuro, pero esto se puede ir haciendo por etapas para cada elemento sin alterar el funcionamiento de lo existente.

Por otro lado la construcción de la terminal de carga resulta justificable debido a las características económicas que se tienen en la región. Es recomendable estudiar más a fondo el proyecto de esta terminal, en base a las necesidades de los principales actores económicos que participan en la región.

Este aeropuerto es una muestra de que una obra civil que es bien planeada puede favorecer el desarrollo de una región y beneficiar a sus habitantes.

ANALISIS ECONOMICO

A continuación se hace un análisis económico general de las ampliaciones que se va a requerir hacer para las etapas futuras.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	IMPORTE
-- Etapa 1994 --				
- Plataforma (Pav. Asfáltico)	m ²	10,800	N\$ 350.00	N\$ 3,780,000.00
- Edificio Terminal	m ²	309	N\$ 3,500.00	N\$ 1,081,500.00
- Estacionamiento	m ²	11,658	N\$ 150.00	N\$ 1,748,700.00
Total etapa 1994:				N\$ 6,610,200.00

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	IMPORTE
-- Etapa 1998 --				
- Plataforma (Pav. Asfáltico)	m²	5,400	N\$ 350.00	N\$ 1,890,000.00
- Edificio Terminal	m²	1,309	N\$ 3,500.00	N\$ 4,581,500.00
- Estacionamiento	m²	8,532	N\$ 150.00	N\$ 1,279,800.00
Total etapa 1998:				N\$ 7,751,300.00
-- Etapa 2000 --				
- Plataforma (Pav. Asfáltico)	m²	5,400	N\$ 350.00	N\$ 1,890,000.00
- Edificio Terminal	m²	665	N\$ 3,500.00	N\$ 2,327,500.00
- Estacionamiento	m²	3,710	N\$ 150.00	N\$ 556,500.00
Total etapa 2000:				N\$ 4,774,000.00
-- Etapa 2005 --				
- Plataforma (Pav. Asfáltico)	m²	5,400	N\$ 350.00	N\$ 1,890,000.00
- Edificio Terminal	m²	920	N\$ 3,500.00	N\$ 3,220,000.00
- Estacionamiento	m²	5,040	N\$ 150.00	N\$ 756,000.00
Total etapa 2005:				N\$ 5,866,000.00

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT.	IMPORTE
-- Etapa 2010 --				
- Plataforma (Pav.Asfáltico)	m²	5,400	N\$ 350.00	N\$ 1,890,000.00
- Edificio Terminal	m²	859	N\$ 3,500.00	N\$ 3,006,500.00
- Estacionamiento	m²	4,462	N\$ 150.00	N\$ 669,300.00
Total etapa 2010:				N\$ 5,565,800.00
Total para todas				
las etapas:				N\$ 30,567,300.00

BIBLIOGRAFIA

- **"Plan Maestro del Aeropuerto del Bajío"**
Dirección General de Aeropuertos
Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 1987

- **"Airport Engineering"**
Norman Ashford - Paul H. Wright
Wiley Interscience Publication
Third edition, 1992

- **"Planning and Design of Airports"**
Robert Horonjeff
McGraw - Hill, 3ed. 1975

- **"Sistema Estadístico Aeroportuario"**
Subdirección de construcción y conservación y
Subdirección de planeación y finanzas
Aeropuertos y Servicios Auxiliares, S.C.T.
1991, 1993

- **"Manual del Ingeniero Civil"**
Ingeniería Aeroportuaria (Parte 18)
Frederick S. Merritt
McGraw - Hill, 1986

- **"Estructuración de Vías Terrestres"**
Ing. Fernando Olivera Bustamante
C.E.C.S.A., 1986

- **"Apuntes del curso de Aeropuertos"**
Ing. Jorge de la Madrid V.
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
1993-1994

- **"XI Censo de Población y Vivienda, Resultados Definitivos"**
Resultados definitivos por localidad, (Guanajuato)
INEGI, 1990
1993-1994