



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

***“PLANEACIÓN INTERDISCIPLINARIA URBANO-AMBIENTAL PARA  
AEROPUERTOS”***

**TESIS** QUE PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTA: **CÉSAR PADIERNA LUNA**

DIRECTOR: M.I. JOSÉ ANTONIO KURI ABDALA

---

Dedico este trabajo a mi señora madre que tan incansablemente me ha apoyado durante mi vida. A mi tía Virginia que con apoyo y consejos me ayudo a formarme como un hombre útil. A mi abuela Porfiria que con paciencia y cariño me cuido y formo.



---

**OBJETIVO:**

En este trabajo se estudia la relación urbano-ambiental como parte de la planeación que se realiza para la construcción de un aeropuerto.

También se realiza un análisis sobre las consideraciones técnicas de diseño y normas ambientales que se deberán tomar en cuenta en la construcción y operación de un aeropuerto, para lograr la menor afectación al entorno ecológico, social y urbano.

Este trabajo sirve como referencia o documento de consulta para el personal técnico de las empresas de consultoría involucrados en la realización de modificaciones, y/o mejoras a la infraestructura aeroportuaria o en el desarrollo de nuevos aeropuertos, así como a estudiantes de licenciatura que lleven asignaturas relacionadas con los sistemas de transporte.

---

## **GLOSARIO**

**Actuación humana.** Capacidades y limitaciones humanas que repercuten en la seguridad y eficiencia de las operaciones aeronáuticas.

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

**Aeródromo certificado.** Aeródromo a cuyo explotador se le ha otorgado un certificado de aeródromo.

**Alcance visual en la pista (RVR).** Distancia hasta la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de una pista puede ver las señales de superficie de la pista o las luces que la delimitan o que señalan su eje.

**Apartadero de espera.** Área definida en la que puede detenerse una aeronave, para esperar o dejar pasó a otras, con objeto de facilitar el movimiento eficiente de la circulación de las aeronaves en tierra.

**Aproximaciones paralelas dependientes.** Aproximaciones simultáneas a pistas de vuelo por instrumentos, paralelas o casi paralelas, cuando se prescriben mínimos de separación radar entre aeronaves situadas en las prolongaciones de ejes de pista adyacentes.

**Aproximaciones paralelas independientes.** Aproximaciones simultáneas a pistas de vuelo por instrumentos, paralelas o casi paralelas, cuando no se prescriben mínimos de separación radar entre aeronaves situadas en las prolongaciones de ejes de pista adyacentes.

**Área de aterrizaje.** Parte del área de movimiento destinada al aterrizaje o despegue de aeronaves.

**Área de deshielo/antihielo.** Área que comprende una parte interior donde se estaciona el avión que está por recibir el tratamiento de deshielo/antihielo y una parte exterior para maniobrar con dos o más unidades móviles de equipo de deshielo/antihielo.

**Área de maniobras.** Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, excluyendo las plataformas.

---

**Área de movimiento.** Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, integrada por el área de maniobras y las plataformas.

**Área de seguridad de extremo de pista (RESA).** Área simétrica respecto a la prolongación del eje de la pista y adyacente al extremo de la franja, cuyo objeto principal consiste en reducir el riesgo de daños a un avión que efectúe un aterrizaje demasiado corto o un aterrizaje demasiado largo.

**Área de señales.** Área de un aeródromo utilizada para exhibir señales terrestres.

**Densidad de tránsito de aeródromo.**

**a) Reducida.** Cuando el número de movimientos durante la hora punta media no es superior a 15 por pista, o típicamente inferior a un total de 20 movimientos en el aeródromo.

**b) Media.** Cuando el número de movimientos durante la hora punta media es del orden de 16 a 25 por pista, o típicamente entre 20 a 35 movimientos en el aeródromo.

**c) Intensa.** Cuando el número de movimientos durante la hora punta media es del orden de 26 o más por pista, o típicamente superior a un total de 35 movimientos en el aeródromo.

**Elevación del aeródromo.** Elevación del punto más alto del área de aterrizaje.

**Exactitud.** Grado de conformidad entre el valor estimado o medido y el valor real.

**Fiabilidad del sistema de iluminación.** La probabilidad de que el conjunto de la instalación funcione dentro de los límites de tolerancia especificados y que el sistema sea utilizable en las operaciones.

**Franja de calle de rodaje.** Zona que incluye una calle de rodaje destinada a proteger a una aeronave que esté operando en ella y a reducir el riesgo de daño en caso de que accidentalmente se salga de ésta.

**Franja de pista.** Una superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese, destinada a:

- a) reducir el riesgo de daños a las aeronaves que se salgan de la pista; y
- b) proteger a las aeronaves que la sobrevuelan durante las operaciones de despegue o aterrizaje.

**Instalación de deshielo/antihielo.** Instalación donde se eliminan del avión la escarcha, el hielo o la nieve (deshielo) para que las superficies queden limpias, o donde las superficies

---

limpias del avión reciben protección (antihielo) contra la formación de escarcha o hielo y la acumulación de nieve o nieve fundente durante un período limitado.

**Intensidad efectiva.** La intensidad efectiva de una luz de destellos es igual a la intensidad de una luz fija del mismo color que produzca el mismo alcance visual en idénticas condiciones de observación.

**Intersección de Longitud del campo de referencia del avión.** Longitud de campo mínima necesaria para el despegue con la masa máxima certificada de despegue al nivel del mar, en atmósfera tipo, sin viento y con pendiente de pista cero.

**Pista de vuelo por instrumentos.** Uno de los siguientes tipos de pista destinados a la operación de aeronaves que utilizan procedimientos de aproximación por instrumentos:

**a) Pista para aproximaciones que no sean de precisión.**

Pista de vuelo por instrumentos servida por ayudas visuales y una ayuda no visual que proporciona por lo menos guía direccional adecuada para la aproximación directa.

**b) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría I.** Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS o MLS y por ayudas visuales destinadas a operaciones con una altura de decisión no inferior a 60 m (200 ft) y con una visibilidad de no menos de 800 m o con un alcance visual en la pista no inferior a 550 m.

**aproximaciones de precisión de Categoría II.** Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS o MLS y por ayudas visuales destinadas a operaciones con una altura de decisión inferior a 60 m (200 ft) pero no inferior a 30 m (100 ft) y con un alcance visual en la pista no inferior a 350 m.

**para aproximaciones de precisión de Categoría III.** Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS o MLS hasta la superficie de la pista y a lo largo de la misma.

**Plataforma.** Área definida, en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

**Plataforma de viraje en la pista.** Una superficie definida en el terreno de un aeródromo adyacente a una pista con la finalidad de completar un viraje de 180° sobre una pista.



---

**Principios relativos a factores humanos.** Principios que se aplican al diseño, certificación, instrucción, operaciones y mantenimiento aeronáutico y cuyo objeto consiste en establecer una interfaz segura entre los componentes humanos y de otro tipo del sistema

**Umbral.** Comienzo de la parte de pista utilizable para el aterrizaje.

**Umbral desplazado.** Umbral que no está situado en el extremo de la pista.

### **Distancias declaradas**

**TORA.** Recorrido de despegue disponible. La longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que despegue.

**TODA.** Distancia de despegue disponible. La longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de la zona libre de obstáculos.

**ASDA.** Distancia de aceleración. La longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de zona de parada.

**LDA.** Distancia de aterrizaje disponible. La longitud de pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que aterrice.

**VR.** Velocidad de rotación. Es la velocidad en que el piloto inicia la rotación del avión.

**VLOF.** Velocidad en el punto de despegue. Velocidad aérea calibrada, es la velocidad en que el avión entra en sustentabilidad en el aire.

**ASA.** Aeropuertos y servicios auxiliares

**OACI.** Organización de aviación civil internacional

**ONU.** Organización de las naciones unidas.

**AICM.** Aeropuerto internacional de las naciones unidas

**APRON.** Área destinada a dar cabida a las aeronaves mientras llevan a cabo las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros o mercancías así como otras operaciones de atención a la aeronave (abastecimiento de combustible, mantenimientos menores, limpieza etc.)

**FIR.** Información regional de vuelo

**ATC.** Control de tráfico aéreo.

**DEL.** Controlador de autorizaciones. Es el encargado de dar de dar todas las autorizaciones de plan de vuelo a las aeronaves solicitantes.

**GND.** Controlador de tiempo



---

**TWR.** Controlador de torre.

**APP.** Controlador de aproximación

**ACC.** Controlador de ruta aérea

**CNS/ATM.** Comunicación, navegación, vigilancia/Gestión del tráfico aéreo. Son los sistemas de comunicación, navegación y vigilancia que emplean tecnologías digitales.

**PND.** Plan Nacional de Desarrollo.

**ABC's.** Aerolíneas de bajo costo.

**BMV.** Bolsa Mexicana de Valores.

**FAA.** Administración de Aviación Federal de Estados Unidos

**AIT.** Aeropuerto Internacional de Toluca.

**GPS.** Sistema de Posicionamiento Global

**SCT.** Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

**VNA.** Valor neto actual

**ACB.** Análisis costo beneficio.

**HUB.** Aeropuerto en el que se centraliza un nodo para realizar conexiones de carga o pasajeros de diversos orígenes para enviarlos a un destino común.

**NOM.** Normas oficiales mexicanas

**SAR.** Búsqueda y salvamentos-Normas de búsqueda y salvamentos de aceptación internacional.

**IATA.** Asociación Internacional de Transporte Aéreo.

**ACI.** Consejo Internacional de Aeropuertos

**IFALPA.** Federación internacional de asociaciones de pilotos de líneas aéreas.

**SEMARNAT.** Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales

---

## TEMARIO:

Introducción .....	11
1. Generalidades.....	12
1.1. Proyecto integral de un aeropuerto .....	22
1.2. Terminales aeroportuarias.....	24
1.3. Áreas o sistemas que conforman una terminal aeroportuaria.....	28
1.3.1. Sistemas de Espacio Aéreos.....	29
1.3.2. Sistemas Aeronáutico Terrestre.....	32
1.3.2.1. Pistas.....	32
1.3.2.2. Calles de Rodaje.....	49
1.3.2.3. Plataformas.....	59
1.3.2.4. Edificio Terminal.....	67
1.3.2.4.1. Análisis de la Capacidad de un Aeropuerto.....	67
1.3.2.5. Torre de Control.....	71
1.4. Procesos para diseño y construcción de aeropuertos.....	78
1.5. Infraestructura aeroportuaria en México.....	80
1.5.1. Red de distribución de combustibles ASA.....	88
1.6. Problemática de la industria e infraestructura aeroportuaria mexicana.....	92
2. Planeación para un buen funcionamiento aeroportuario.....	98
2.1. Nivel 1: Detección de necesidades (análisis de la demanda). ....	101
2.2. Nivel 2: Determinación de la ubicación de las nuevas instalaciones.....	108
2.2.1. Factibilidades técnicas. ....	109
2.2.2. Opciones de ubicación.....	110
2.2.3. Factibilidad aeronáutica.....	110
2.2.4. Manejo de fauna silvestre.....	112
2.2.5. Factibilidad ambiental y urbana.....	115
2.2.6. Factibilidad técnica constructiva.....	118
2.2.7. Factibilidad económica.....	122
2.2.8. Factibilidad financiera.....	123
2.2.9. Análisis de la relación costo-beneficio.....	124
2.2.10. Evaluación comparativa de opciones.....	127
2.2.11. Aspectos sociales y políticos.....	128



---

2.2.12.	Evaluación sobre la rentabilidad.....	132
2.3.	Nivel 3: Desarrollo del plan maestro.....	133
2.3.1.	Factores que determinan la capacidad de un plan maestro.....	139
3.	Espacio local y planeación aeroportuaria.....	142
3.1.	Normatividad aplicable al diseño, construcción y operación de los aeropuertos.....	144
3.2.	Organizaciones internacionales para la planeación y operación aeroportuaria.....	150
4.	Evaluación de impactos ambientales y normatividad aplicada para la construcción de las franjas de seguridad de la pista 11-29 del “Aeropuerto Internacional de Cozumel.....	180
4.1.	Descripción del proyecto.....	184
4.2.	Normatividad aplicada al proyecto.....	187
4.3.	Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales.....	195
4.3.1.	Metodología para la identificación de los impactos ambientales .....	195
4.3.2.	Criterios y metodologías de evaluación.....	200
4.4.	Metodologías de evaluación y justificación de la metodología seleccionada.....	206
4.5.	Medidas preventivas y de mitigación de los impactos ambientales.....	213
4.6.	Pronósticos ambientales y evaluación de alternativas.....	215
5.	Conclusiones .....	217

---

## INTRODUCCIÓN.

El transporte aéreo es un medio especializado para el desplazamiento de las personas y en menor escala, para el intercambio de mercancías de elevado valor, con peso y volumen reducidos. Las condiciones que lo caracterizan son el impresionante incremento de la demanda de sus servicios, la constante y rápida evolución del equipo, y como consecuencia, la permanente necesidad de adaptar instalaciones terrestres a las nuevas exigencias.

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

Un aeropuerto lleva consigo una amplia gama de actividades que presentan diferentes y a veces conflictivas necesidades; estas actividades son independientes y por lo tanto una sola de ellas puede limitar la capacidad del complejo.

Hoy día como resultado del calentamiento global y el desbordamiento de las ciudades es una preocupación constante el incrementar la degradación de los ecosistemas, por lo que es de suma importancia que dentro de la planeación de un aeropuerto se incluyan la evaluación y mitigación de los impactos ambientales generados en la construcción o ampliación de un aeropuerto. Esto sustentado tanto en la normatividad nacional como regional.

---

## 1. GENERALIDADES

Con el surgimiento de la globalización, la infraestructura aeroportuaria adquiere mayor importancia, tanto en el ámbito internacional como en el nacional, Además, si consideramos el boom tecnológico en los sistemas y equipamientos aeroportuarios, los adelantos de las aeronaves, el desarrollo de la aviación y el aumento de la demanda de servicios aeroportuarios, la renovación y la ampliación de los existentes y la construcción de nuevos aeropuertos resulta inevitable. En países como el nuestro, la insuficiencia presupuestal en relación con los altos costos de inversión para el desarrollo de los complejos aeropuertos que hoy se requieren, obliga a una rigurosa planeación, a la búsqueda de nuevas y creativas propuestas que sean visibles y sustentables tanto de los puntos de vista eminentemente aeronáuticos, ambientales y de ahorro energético y de agua, hasta los económicos, sociales y culturales, tomando en cuenta la diversificación en las fuentes de financiamiento y esquemas de operación y administración aeroportuaria.

La infraestructura aeroportuaria de nuestro país cubre las principales ciudades del territorio nacional y su historia comienza en la primera década del siglo pasado, prácticamente seis años después de que los hermanos Wright, en el estado de Carolina del Norte, realizaran el primer vuelo piloteado de una aeronave más pesada que el aire y propulsada por un motor. Cuando en México Alberto Braniff despegara de los llanos de Balbuena, a bordo de un Voisin, donde se tuvo que abrir una brecha, antecedente de los campos de aterrizaje que dieron lugar a los aeropuertos.

Cierto es que la compañía Mexicana de Aviación fue la pionera, pero el gobierno federal, a través de la Secretaría de Obras Públicas, y posteriormente, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, fue quien impulsó de manera organizada los planes nacionales de construcción, Figura 1.



Figura 1. AICM al inicio de sus operaciones, (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

A partir de 1965, con la creación de ASA, y el concepto de red aeroportuaria, se planteó la posibilidad de que los aeropuertos se operaran y administraran con un alto nivel de solvencia, a fin de alcanzar una posición autosuficiente, de tal forma que los superavitarios apoyaron a los deficitarios, que cumplen una importante función social de comunicación entre las entidades federativas. ASA es el organismo público descentralizado que da cuerpo al proyecto y protagoniza su evolución desde el punto de vista técnico y profesional.



Figura 2. Aviones de última generación, (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

Para regular las operaciones aéreas, en 1947 se creó la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), adscrita a la ONU, y México fue uno de los primeros países que logró un sólido prestigio en la construcción de aeropuertos. En esa época se estableció el transporte aéreo intercontinental con los nuevos aparatos cuatrimotores de gran autonomía, con cabinas totalmente presurizadas e instrumentos avanzados, que aumentaron la comodidad de los pasajeros e hicieron que las operaciones fueran más económicas y constantes.

Durante la década de los años cincuenta, al expandirse la infraestructura carretera, de ferrocarriles y aeroportuaria, se fomentó la industria y el desarrollo socioeconómico. El negocio de la carga aérea aumentó cuando entraron en funcionamiento los grandes aviones (Figura 2) de pasaje, aunque como fuente de ingresos iba aun a la zaga del transporte terrestre. No obstante mostró ser de gran utilidad para transportar ciertos artículos compactos, ligeros y de gran valor.

---

De 1965 a 1985, el Sistema Aeroportuario Mexicano, se fortaleció, aumentando su infraestructura: se construyeron nuevas terminales aéreas, otras se rehabilitaron y ampliaron, modernizándolas y dando respuestas a nuevos retos, toda esta obra fue realizada por ingenieros, arquitectos y técnicos mexicanos, que se convirtieron en verdaderos expertos, capaces de vencer las dificultades de la altitud, climas, escarpada orografía y tipos de suelo.

Nuestros aeropuertos, su operación y administración, se convirtieron en símbolo del prestigio internacional. ASA llegó a operar la red más grande de América Latina, y varios de sus técnicos han sido y son asesores de la OACI.

Pero en los vaivenes de las economías, en los años ochenta el modelo económico se agotó y sufrió cambios sustanciales; el país, endeudado entro en crisis. Se implantaron políticas como la apertura comercial, la desregulación económica y el impulso a la inversión extranjera directa. El gobierno inicio la venta de las empresas paraestatales deficitarias, le siguieron las pequeñas y para finales de la década empresas importantes como Mexicana de Aviación, Aeroméxico, Telmex y los bancos comerciales estaban privatizados. La bonanza económica de antaño se fue deteriorando cada vez más y se agravo después de la siguiente crisis financiera de finales de 1994, en que le toco el turno de la privatización a los ferrocarriles y las carreteras. En el sector aeroportuario se determinó modernizar y ampliar la infraestructura a fin de impulsar el crecimiento, la integración regional y el desarrollo social, promoviendo la participación privada y modificando el marco jurídico.

En 1995 el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000, estableció que se debería contar con una infraestructura adecuada, moderna, y eficiente en la red aeroportuaria del país.

Con ese fundamento, el 9 de febrero de 1998 se publicó en el Diario Oficial de la Federación los Lineamientos Generales para la Apertura a la Inversión en el Sistema Aeroportuario Mexicano.

Dichos lineamientos tuvieron el propósito de que la apertura a la inversión en el Sistema Aeroportuario Mexicano se desarrolle conforme a los objetivos establecidos por el Gobierno Federal, definiendo las diferentes fases del proceso de reestructuración de dicho Sistema.



---

Hasta el año de 1998, Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) administró y operó 60 aeropuertos.

En este contexto fue aprobada la ley de Aeropuertos y, en 1998, se privatizaron treinta y cinco, de los cincuenta y siete que en ese entonces ASA operaba y administraba quedando conformado el sistema aeroportuario como lo muéstrala, Figura 3.

Los cuatro grupos aeroportuarios que se abren a la inversión privada comprenden los más importantes, quedando fuera 23, mismos que se mantienen bajo la administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), que aun atendiendo bajos movimientos respecto de los del resto del sistema (Figura 7), tienen importancia como enlaces para propiciar el desarrollo regional.

Para desarrollar este proceso, se conformaron cuatro grupos de aeropuertos (unidades de negocios), los cuales son:

- ❖ **Grupo Ciudad de México (solamente el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México).**
- ❖ **Aeropuertos y Servicios Auxiliares (19 aeropuertos).**

Campeche (CPE) Chetumal (CTM) Ciudad del Carmen (CME) Ciudad Obregón (CEN)	Ciudad Victoria (CVM) Colima (CLQ) Cuernavaca (CVA) Guaymas (GYM) Loreto (LTO)	Matamoros (MAM) Nogales (NOG) Nuevo Laredo (NLD) Palenque (PQM) Poza Rica (PAZ)	Puerto Escondido (PXM) Tamuín (TSL) Tehucán (TCN) Tepic (TPQ) Uruapan (UPN)
---	---	---	--

## Red de Aeropuertos ASA



Figura 3. Red de aeropuertos administrados por ASA

### ❖ Grupo Aeroportuario del Pacífico (12 aeropuertos).

En la figura 4 se ubican los aeropuertos correspondientes a esta región

Tijuana (TIJ)	Mexicali (MXL)	La Paz (LAP)	San José del Cabo (SJD)
Hermosillo (HMO)	Los Mochis (LMM)	Puerto Vallarta (PVR)	Manzanillo (ZLO)
Guadalajara (GDL)	Aguascalientes (AGU)	Guanajuato (BJX)	Morelia (MLM)



Figura 4. Grupo Aeroportuario del Pacífico Grupo Aeroportuario del Centro).

❖ **Grupo Aeroportuario del Sureste (9 aeropuertos).**

En la figura 5 se ubican los aeropuertos correspondientes a esta región

Veracruz. (VER)	Minatitlán (MTT)	Villahermosa (VSA)
Oaxaca (OAX)	Tapachula (TAP)	Bahías de Huatulco (HUX)
Mérida (MID)	Cancún (CUN)	Cozumel (CZM)



Figura 5. ASUR

❖ **Grupo Aeroportuario Centro Norte (13 aeropuertos).**

En la figura 6 se ubican los aeropuertos correspondientes a esta región

Acapulco (ACA)	Mazatlán (MZT)	Torreón (TRC)
Chihuahua (CUU)	Monterrey (MTY)	Zacatecas (ZCL)
Ciudad Juárez (CJS)	Reynosa (REX)	Zihuatanejo (ZHI)
Culiacán (CUL)	San Luis Potos (SLP)	
Durango (DGO)	Tampico (TAM)	



Figura 6. Grupo Aeroportuario Centro Norte.



Figura 7. Conformación actual del sistema aeroportuario mexicano, ( Apuntes de la clase de Sistemas de Transportes Facultad de Ingeniería Oscar Martínez Jurado UNAM. Semestre 2007

---

## 1.1 PROYECTO INTEGRAL DE UN AEROPUERTO.

El éxito del transporte como generador de riqueza económica e intercambio cultural se remonta a la antigüedad, basta con mencionar a los fenicios, pueblo navegante por excelencia que hizo del transporte marítimo una fuente inagotable del comercio. En la época moderna, concretamente en el siglo XX, la conquista del espacio utilizando los aeroplanos detona al transporte aéreo para un sin número de actividades en beneficio de la sociedad local, regional nacional e internacional.

El crecimiento de una ciudad se apoya, en gran medida, en su infraestructura de comunicaciones y transportes, y la aeroportuaria desempeña un papel preponderante en el desenvolvimiento de su potencial social, cultural y económico, convirtiéndola en polo de desarrollo regional.

La realización de aeropuertos, si el proyecto esta cuidadosamente planeado, se convierte en un catalizador para su evolución, creando oportunidades de empleo, estimulando la industria, el comercio, el turismo y la producción en general, abriendo mercados específicos y complementarios

Los aeropuertos se han convertido en equipamientos clave para la competitividad de un territorio. Disponer de un buen aeropuerto es actualmente una condición previa para ocupar un lugar destacado en la moderna economía del conocimiento. Los aeropuertos generan una importante actividad económica, pero también constituyen un importante foco de problemas ambientales, urbanos y sociales.

Hoy día es importante garantizar que los aeropuertos tengan la capacidad suficiente para afrontar la tendencia del alza de tráfico que constituye un gran reto. La capacidad de los aeropuertos ha ido aumentando, aunque a un ritmo más lento que la demanda.

---

Este hecho no resulta sorprendente, ya que los aeropuertos producen grandes cambios en la ordenación territorial y ejercen efectos muy perjudiciales para el medio ambiente. La evaluación, planificación y la construcción de nuevas instalaciones es un proceso polémico y cada vez más largo.



Figura 8. Falta de ordenamiento territorial a inicios del AICM, (Archivos fotográficos de ASA)

Los aeropuertos fueron concebidos originalmente y construidos como instalaciones independientes fuera de las ciudades, han cambiado y siguen cambiando hasta resultar irreconocibles. En la actualidad la mayoría de las personas que se dirigen al aeropuerto ya no van a tomar un avión, los aeropuertos se han convertido en grandes proveedores de empleo y en zonas de actividad empresarial, así como en centros vitales de logística y distribución.

---

Una gran parte de todo esto ha sucedido por falta de un marco de planificación claro. En general, estos aeropuertos multifuncionales no han sido bien integrados en los planes de transporte regional y local, lo que ha dado a origen de continuos conflictos con las autoridades locales y los residentes de la zona y ha generado problemas de accesibilidad cada vez más graves como se muestra en la Figura 8. De hecho, el viaje hasta el aeropuerto puede durar más que el propio vuelo, y los desplazamientos en el seno de estos enormes complejos suelen ser difíciles y lentos.

Hoy día el transporte se enfrenta a un amplio abanico de retos relacionados con los aeropuertos. Entre ellos se hallan cuestiones de planificación estratégica y desarrollo; la provisión de accesos adecuados, especialmente para el transporte público; graves conflictos sobre las tarifas impuestas por el uso de las instalaciones; y numerosos problemas medioambientales que afectan tanto al ámbito local como a un entorno más amplio.

## 1.2 TERMINALES AEROPORTUARIAS.

Una terminal aeroportuaria, es una máquina de tratamiento de pasajeros y equipajes, constituyendo el punto de contacto entre ellos y el avión.

Territorialmente, el aeropuerto es la puerta de la ciudad, límite entre la ciudad y el cielo. El edificio de la terminal es un espacio de transformación que nos permite superar nuestras trayectorias de seres terrestres, por la posibilidad concreta de volar y modificar con la velocidad la escala de distancias dando un nuevo significado al espacio-tiempo, introduciendo como mediación a una máquina, el avión.

La concepción de la terminal parte de la adaptación de la Figura 9 a las condiciones de tráfico y de la terminal y a su contexto específico.

En la Figura 9 se puede apreciar un diagrama sobre el sistema de un aeropuerto (que varía con el tiempo), a un terreno determinado, y a su contexto genera como resultado múltiples variantes de terminales.

### SISTEMA AEROPORTUARIO

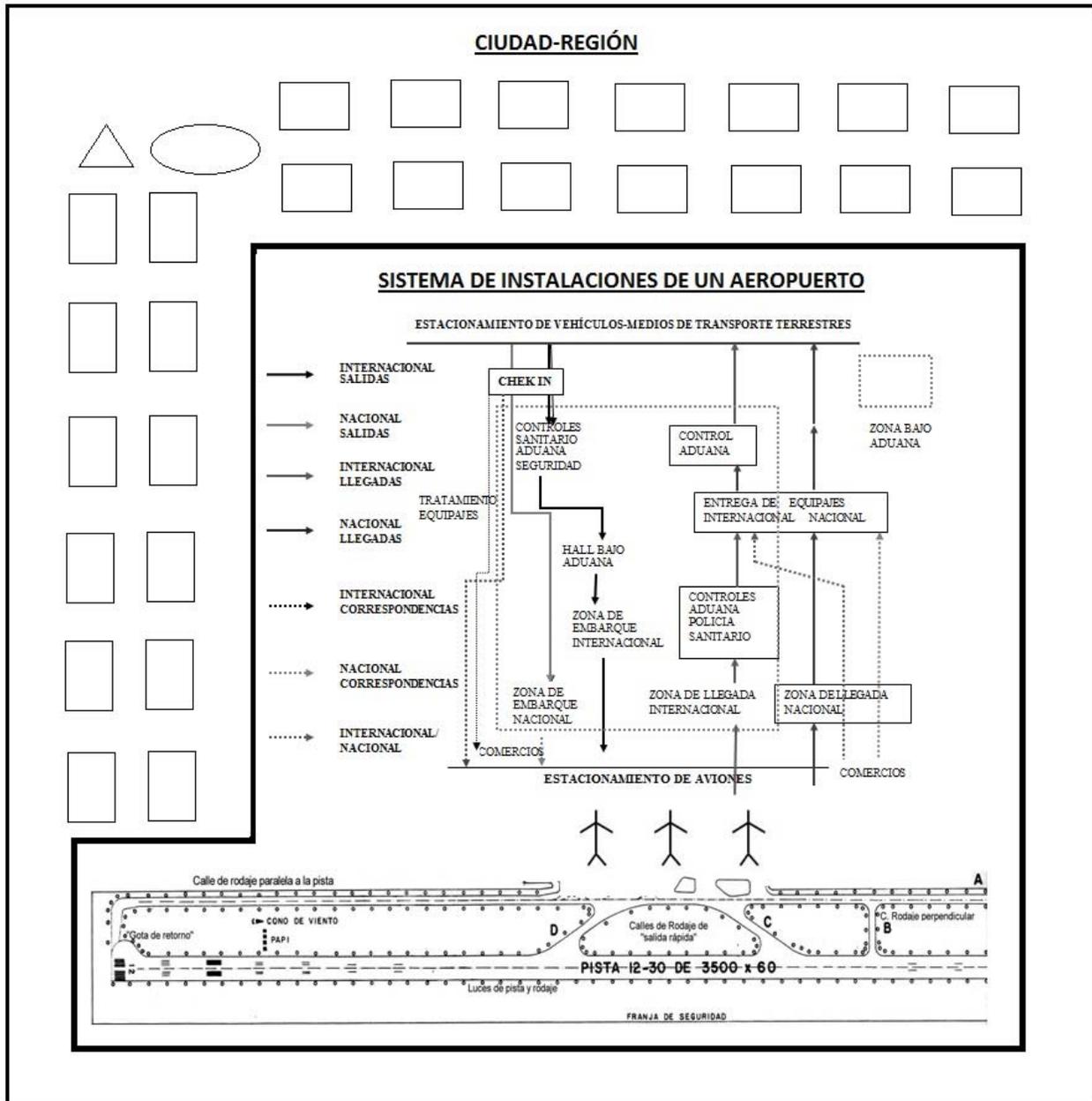


Figura 9. Sistemas de un aeropuerto, (Ing. Jean-Yves Carrasco. El Aeropuerto, un Concepto en Evolución Permanente)



Figura 10. Terminal modular, (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

La variación de los edificios es la siguiente:

- El tamaño y escala de tratamiento de pasajeros.
- Si la terminal es única o parte de un sistema de módulos (Figura 10).
- La forma y tamaño de estacionamiento de los aviones (Figura 11).
- El tipo de flujos y su separación. Con la necesidad de separar los flujos de pasajeros y de los equipajes, de los que salen y los que llegan, los internacionales y los nacionales, conducen a la imposibilidad topológica de disponer todo un mismo nivel (Figura 12).

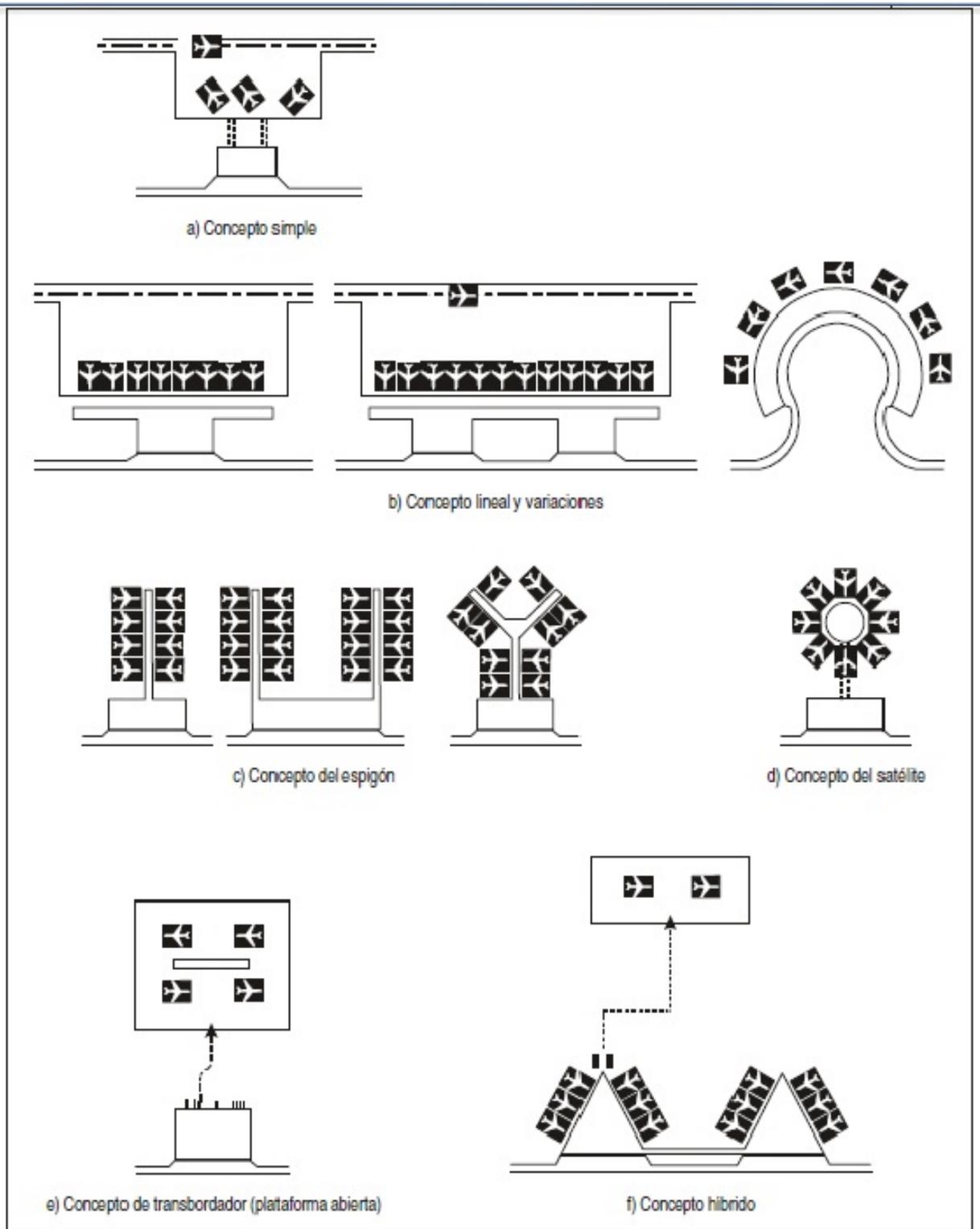


Figura 11. Estacionamiento de aviones, (Jorge González Velázquez. Planeación de Aeropuertos y Desarrollo de Infraestructura)

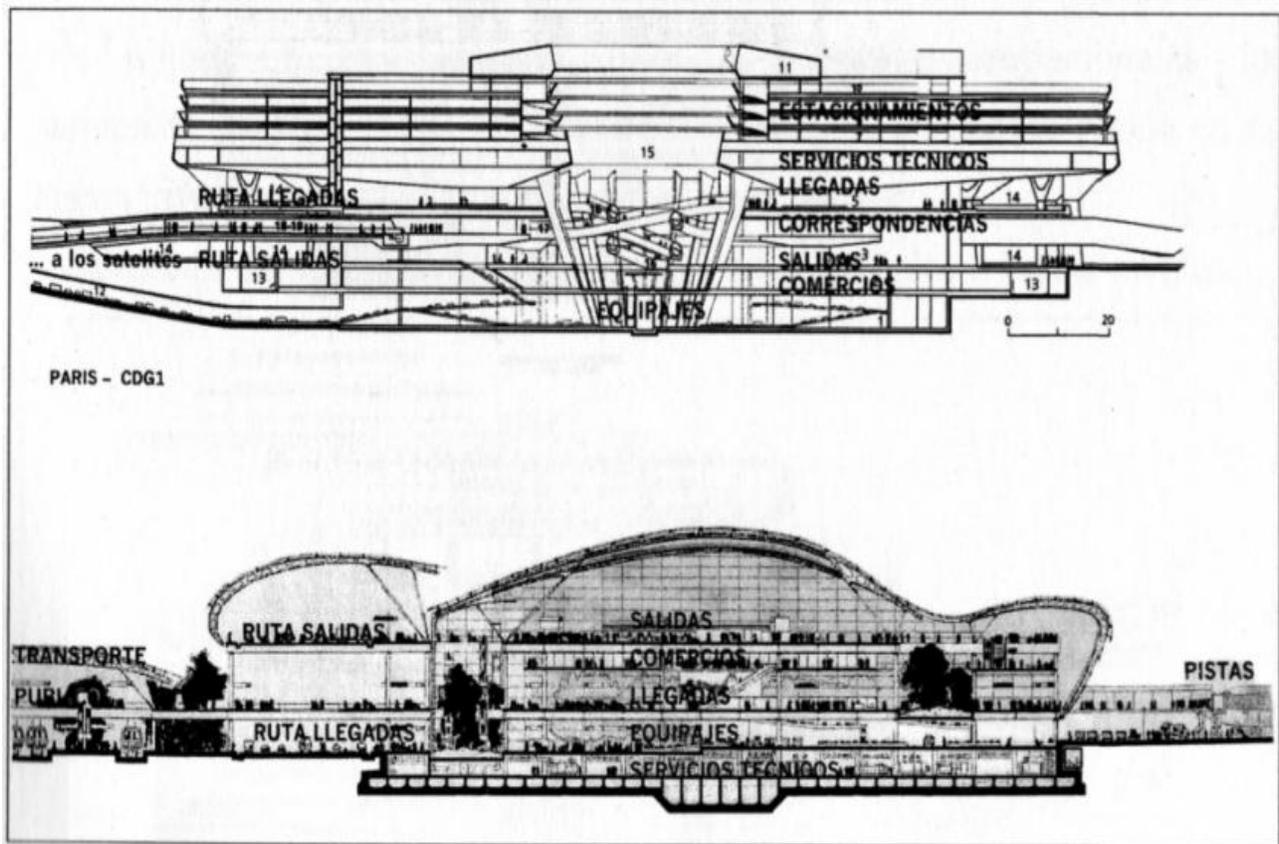


Figura 12. Separación de flujos, (Ing. Jean-Yves Carrasco. El Aeropuerto, un Concepto en Evolución Permanente)

### 1.3 ÁREAS O SISTEMAS QUE CONFORMAN UNA TERMINAL AEROPORTUARIA.

En un aeropuerto, desde el punto de vista de las operaciones aeroportuarias, se puede distinguir en dos partes: el denominado lado aire y el llamado lado tierra. La distinción entre ambas partes se deriva de las distintas funciones que se realizan en cada una.

En el lado aire la atención se centra en las aeronaves y todo se mueve alrededor de lo que éstas necesitan. El principal componente de esta parte es la pista de aterrizaje, pero dependiendo del tipo de aeropuerto, puede que tenga calles de rodaje, plataformas de estacionamiento y hangares de mantenimiento.

---

La plataforma (también conocida como “apron”) es el área destinada a dar cabida a las aeronaves mientras se llevan a cabo las operaciones de embarque y desembarque de pasajeros o mercancías, así como otras operaciones de atención a la aeronave (abastecimiento de combustible, mantenimientos menores, limpieza etc.)

En el lado tierra los servicios se concentran en el manejo de los pasajeros y sus necesidades. Su principal componente es la terminal (para un aeropuerto comercial de pasajeros) o las bodegas y terminal de carga (para un aeropuerto de carga). Usualmente todos los aeropuertos tienen ambos componentes.

Un aeropuerto típico está formado por un conjunto de sistemas, (Figura 9) que permiten su operación con eficiencia y que son los siguientes:

- a) Sistema de espacios aéreos.
- b) Calles de rodaje.
- c) Plataformas
- d) Edificio terminal
- e) Torre de control

### 1.3.1 SISTEMAS DE ESPACIOS AEREOS.

Los aeropuertos cuentan con un trapecio de aproximación delimitado por el tipo de aeronave para el cual fue diseñado cada aeropuerto, este trapecio de aproximación es una zona imaginaria. Considera algunas distancias que tienen que ser respetadas para la adecuada trayectoria de aterrizaje y despegue de las aeronaves. Que por seguridad deben estar libres de obstáculos. En ocasiones obstáculos como una construcción de un edificio, antenas y/o árboles, interfieren en esta trayectoria.

La administración del tránsito aéreo y la planeación de aeropuertos son dos aspectos muy relacionados que inciden en la eficiencia del sistema de navegación aérea.

Se puede tener una estructura de rutas eficiente, sin embargo si los aeropuertos a los que sirve no tienen la capacidad suficiente, se generan demoras que afectan a los sistemas de los aeropuertos.

---

El espacio aéreo se divide en regiones de información de vuelo, conocidas como FIR (Flight Information Region) y cada país se hace responsable del servicio en las comprendidas en su área de responsabilidad. En muchos casos esta área de responsabilidad excede las aguas territoriales de un país a fin de que el espacio aéreo comprendido sobre las aguas internacionales sea provisto de un servicio de información.

El espacio aéreo en el que se presta el servicio de control aéreo se llama 'espacio aéreo controlado'. La Unidad encargada de entregar el servicio de control al tráfico aéreo en estas áreas recibe el nombre de Centro de Control de Área. Debido al amplio espacio aéreo que manejan, están divididos en Sectores de Control, cada uno responsable de una parte del espacio total a su cargo. Cuando un avión está a punto de salir de un sector es traspasado al siguiente sector en forma sucesiva, hasta el aterrizaje en su destino. Actualmente, la mayor parte de las rutas aéreas están cubiertas por radares, lo que permite hacer un seguimiento permanente a los vuelos.

Las normas que regulan la circulación aérea en el espacio aéreo controlado se recogen en el Reglamento de Circulación Aérea.

El espacio aéreo comprende las zonas libres de obstáculos, donde el avión puede realizar todas sus operaciones aeronáuticas. Estas zonas o superficies son:

- Superficie de ascenso en el despegue.
- Superficie de aproximación.
- Superficie de aterrizaje interrumpido.
- Superficie horizontal interna.
- Superficie cónica.
- Superficie de transición.
- Superficie de transición interna.

En la Figura 13 y en la 14 se muestran en planta y en tres dimensiones las principales superficies imaginarias que conforman un aeropuerto.

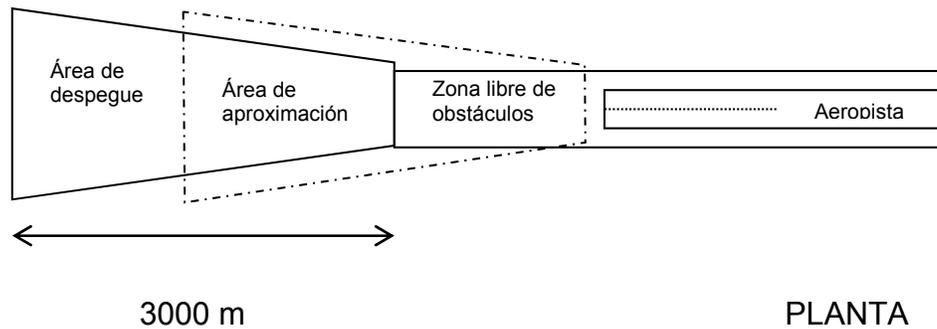


Figura 13. Superficies imaginarias, (Apuntes de la clase de Sistemas de Transportes Facultad de Ingeniería UNAM. Semestre 2007-2)

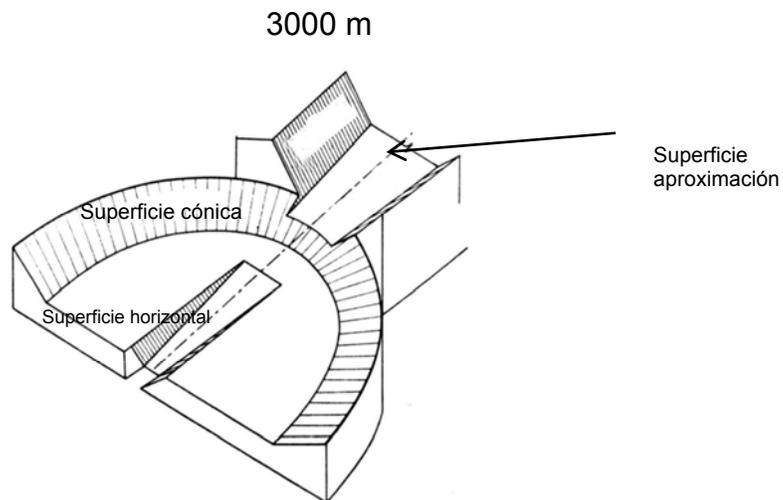


Figura 14. Superficie de aproximación, (Apuntes de la clase de Sistemas de Transportes Facultad de Ingeniería UNAM. Semestre 2007-2)

El tamaño del espacio aéreo, depende del número de pistas, condiciones meteorológicas que prevalecen en la zona, tipo de aviones que harán uso del aeropuerto y de la cercanía con otros aeropuertos.

---

### 1.3.2 SISTEMA AERONÁUTICO TERRESTRE

Un aeropuerto es una máquina de tratamiento de pasajeros y equipajes, constituyendo el punto de contacto entre ellos y el avión.

La concepción de un aeropuerto parte de la adaptación de los flujos de pasajeros, maletas, aviones etc. Como se muestra en la figura nueve.

En la figura nueve se muestran la adaptación de un diagrama donde interactúan diversos factores que se modifican con el tiempo. Elementos que se describen a continuación.

#### 1.3.2.1 PISTAS

Se denomina pista de un aeropuerto al área rectangular, despejada, libre de obstáculos, adecuada para el despegue y aterrizaje de las aeronaves.

El sistema de pista de un aeropuerto consta de un pavimento estructural que soporta el peso del avión y permite el control y la estabilidad del mismo. Las pistas cuenta también con una sección contra chorro diseñada para prevenir la erosión provocada por el chorro de los reactores.

Las cabezas de pistas o zonas de parada es una longitud adicional de pavimento, por lo regular de 100 a 150 metros, donde las aeronaves paran a calentar motores para su posterior despegue.

A continuación se consideraran los siguientes elementos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de pistas:

- Tipos de Pistas

Una pista de vuelo por instrumentos puede pertenecer a uno de los siguientes tipos, y como su nombre lo indica son destinados a la operación de aeronaves que utilizan procedimientos de aproximación por instrumentos

- a) Pista para aproximaciones que no sean de precisión. Pista de vuelo por instrumentos servida por ayudas visuales y una ayuda no visual que proporciona por lo menos guía direccional adecuada para la aproximación directa.
- b) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría I. Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS y/o MLS y por ayudas visuales destinadas a

- 
- operaciones con una altura de decisión no inferior a 60 m (200 ft) y con una visibilidad de no menos de 800 m o con un alcance visual en la pista no inferior a 550 m.
- c) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría II. Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS y/o MLS y por ayudas visuales destinadas a operaciones con una altura de decisión inferior a 60 m (200 ft) pero no inferior a 30 m (100 ft) y un alcance visual en la pista no inferior a 350 m.
  - d) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría III. Pista de vuelo por instrumentos servida
  - e) por ILS y/o MLS hasta la superficie de la pista y a lo largo de la misma; y
    - A — Destinada a operaciones con una altura de decisión inferior a 30 m (100 ft), o sin altura de decisión y un alcance visual en la pista no inferior a 200 m.
    - B — Destinada a operaciones con una altura de decisión inferior a 15 m (50 ft), o sin altura de decisión y un alcance visual en la pista inferior a 200 m pero no inferior a 50 m.
    - C — Destinada a operaciones sin altura de decisión y sin restricciones de alcance visual en la pista.

- Factores Relacionados con el Emplazamiento, Orientación y Número de Pistas.

Muchos factores intervienen en la determinación del emplazamiento, orientación y número de pistas. Los principales factores son los siguientes:

- a) Las condiciones meteorológicas, sobre todo el coeficiente de utilización de la pista/aeropuerto, determinado por la distribución de los vientos, y por la presencia de nieblas localizadas;
- b) La topografía del emplazamiento del aeropuerto y del terreno circundante;
- c) El tipo y volumen del tránsito aéreo al que se habrá de prestar servicio, incluso los aspectos de control del tránsito aéreo;
- d) Cuestiones relacionadas con la performance de los aviones; y
- e) Cuestiones relacionadas con el medio ambiente, principalmente el ruido. Hasta donde lo permitan los demás factores, la pista principal debe estar orientada en la dirección del viento predominante. Todas las pistas deberían orientarse de modo que las zonas de aproximación y de despegue se encuentren libres de obstáculos y, preferentemente, de manera que las aeronaves no vuelen directamente sobre zonas pobladas.

- Viento

El número y orientación de las pistas de un aeropuerto deberían ser tales que el coeficiente de utilización del aeropuerto no sea inferior al 95% para los aviones que el aeropuerto esté destinado a servir.



---

La elección de los datos que se han de usar en el cálculo del coeficiente de utilización deberá basarse en estadísticas confiables de la distribución de los vientos, que abarquen un período tan largo como sea posible, preferiblemente no menor de cinco años. Las observaciones deberían hacerse por lo menos ocho veces al día, a intervalos iguales, y tener en cuenta lo siguiente:

- a) Normalmente, las estadísticas sobre los vientos utilizadas para calcular el coeficiente de utilización vienen clasificadas por grupos según la velocidad y dirección, y la precisión de los resultados obtenidos depende en gran parte de la distribución supuesta de las observaciones dentro de esos grupos. A falta de toda información fiable acerca de la verdadera distribución de los vientos, se suele suponer una distribución uniforme, ya que, respecto a la pista orientada más favorablemente, esto suele traducirse en una cifra ligeramente conservadora del coeficiente de utilización;
- b) Las componentes transversales máximas del viento de costado medio que mostradas en la Tabla 1, corresponden a circunstancias normales. Hay algunos factores que pueden exigir que se tome en cuenta una reducción de sus valores máximos en un aeropuerto determinado. Entre éstos se encuentran:
  - 1) Las grandes diferencias de manejo y de los valores máximos admisibles de la componente transversal del viento para los distintos tipos de aviones (incluidos futuros tipos) dentro de cada uno de los tres grupos designados en la Tabla 1.
  - 2) La preponderancia y naturaleza de las ráfagas;
  - 3) La preponderancia y naturaleza de la turbulencia;
  - 4) La disponibilidad de una pista secundaria;
  - 5) La anchura de las pistas;
  - 6) Las condiciones de la superficie de las pistas; el agua, la nieve, la nieve fundente o el hielo sobre la pista, reducen materialmente el valor admisible de la componente transversal del viento.
  - 7) la fuerza del viento correspondiente al valor límite de la componente transversal del viento.

Tabla 1. Aplicación del coeficiente del 95%, (Anexo 14 OACI)

<b>AL APLICAR EL COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN DEL 95%, DEBERÍA SUPONERSE QUE EN CIRCUNSTANCIAS NORMALES, IMPIDE EL ATERRIZAJE O DESPEGUE DE UN AVIÓN UNA COMPONENTE TRANSVERSAL DEL VIENTO QUE EXCEDA LOS VALORES DE ESTA TABLA</b>		
VELOCIDAD DEL VIENTO	LONGITUD DE REFERENCIA DEL AVIÓN	COMPONENTE TRANSVERSAL DEL VIENTO QUE NO DEBERAN SER EXCEDIDO
37 Km/h (13 Kt)	1500 O MÁS	24 Km/h
24Km/h (13 Kt)	DE ENTRE 1200 A 1500	
19 Km/h (13 Kt)	MENOS DE 1200	

- Condiciones de Visibilidad

A menudo, las características del viento en condiciones de escasa visibilidad difieren bastante de las que se dan en condiciones de buena visibilidad. Por tal razón, debería emprenderse un estudio sobre las condiciones del viento con escasa visibilidad y/o baja base de nubes en el aeropuerto, incluida la frecuencia con que se manifiestan los fenómenos así como la dirección y velocidad del viento que los acompaña.

- Topografía del emplazamiento del aeropuerto, sus vías de acceso e inmediaciones

En el Proceso de planeación y diseño se deberán examinarse las características topográficas del aeropuerto y de sus inmediaciones.

En especial los factores siguientes:

- a) El cumplimiento de las disposiciones relativas a las superficies limitadoras de obstáculos.
- b) La utilización de los terrenos en la actualidad y en el futuro. Su orientación y trazado deberían elegirse de forma que, en la medida de lo posible, se protejan las zonas especialmente sensibles, tales como las residenciales, escuelas y hospitales contra las molestias causadas por el ruido de las aeronaves.
- c) Las longitudes de pistas en la actualidad y en el futuro.
- d) Los costos de construcción.
- e) La posibilidad de instalar ayudas adecuadas, visuales y no visuales, para la aproximación.

- Emplazamiento del Umbral

---

El umbral deberá situarse normalmente en el extremo de la pista como se muestra en la Figura 15, a menos que consideraciones de carácter operacional justifiquen la elección de otro emplazamiento.



Figura 15. Emplazamiento del umbral de una pista, (Ing. Federico Dovali Ramos. Apuntes de la clase de Aeropuertos. Facultad de Ingeniería UNAM. Semestre 2008-1)

Cuando sea necesario desplazar el umbral de una pista, ya sea de manera permanente o temporal, deberá tenerse en cuenta los diversos factores que pueden incidir sobre el emplazamiento del mismo. Cuando deba desplazarse el umbral por que una parte de la pista este fuera de servicio deberá proveerse de un área despejada y nivelada de una longitud de 60 m por lo menos entre el área inutilizable y el umbral desplazado. Deberá proporcionarse también, según las circunstancias, una distancia suplementaria correspondiente a los requisitos de seguridad de extremo de pista.

Para el emplazamiento del umbral se deberá determinar que no hay obstáculos que penetren por encima de la superficie de aproximación, debería tomarse en cuenta la presencia de objetos móviles (vehículos en las carreteras, trenes, etc.), por lo menos dentro de la porción del área de aproximación comprendida en una distancia de 1

---

200 m medida longitudinalmente desde el umbral, y con una anchura total de por lo menos 150 m.

Para lograr los objetivos antes descritos y en el caso del desplazamiento del umbral, en cuanto a la limitación de obstáculos, lo mejor sería desplazar el umbral a lo largo de la pista, la distancia suficiente para asegurarse de que la superficie de aproximación esté libre de obstáculos.

Sin embargo, el desplazamiento del umbral con respecto al extremo de la pista causa inevitablemente una reducción de la distancia disponible para el aterrizaje, y esto puede tener más importancia, desde el punto de vista de las operaciones, que la penetración de la superficie de aproximación por obstáculos señalados e iluminados. Por consiguiente, la decisión con respecto al desplazamiento del umbral y la extensión del desplazamiento debería hacerse tratando de obtener el equilibrio óptimo entre una superficie de aproximación libre de obstáculos y una distancia adecuada para el aterrizaje. Al decidir esta cuestión, se deben tener en cuenta los tipos de aviones para los que la pista esté destinada, las condiciones de límite de visibilidad y base de nubes en que se haya de utilizar la pista, la situación de los obstáculos en relación con el umbral y con la prolongación del eje de pista.

No obstante la consideración de la distancia disponible para el aterrizaje, el emplazamiento que se elija para el umbral debería ser tal que la superficie libre de obstáculos hasta el umbral no tenga una pendiente mayor del 3,3% cuando el número de clave de la pista sea 4, ni mayor del 5% cuando el número de clave de la pista sea 3 de acuerdo a la Figura 17.

- Criterios para Definir la Longitud de Pista

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

- a) Características de performance y masas de operación de los aviones a los que se prestará servicio
- b) Condiciones meteorológicas, principalmente viento y temperatura en la superficie
- c) Características de la pista tales como pendiente y estado de la superficie.
- d) Factores relacionados con el emplazamiento del aeropuerto, por ejemplo, elevación del aeropuerto que incide en la presión barométrica y limitaciones topográficas.

---

- Longitud Efectiva de las Pistas

Salvo cuando una pista vaya asociada con una zona de parada y/o con una zona libre de obstáculos, la longitud verdadera de toda pista principal debería ser adecuada para satisfacer los requisitos operacionales de los aviones para los que se proyecte la pista y no debería ser menor que la longitud más larga determinada por la aplicación a las operaciones de las correcciones correspondientes a las condiciones locales y a las características de performance de los aviones que tengan que utilizarla.

Al determinar la longitud de pista que ha de proporcionarse, es necesario considerar tanto los requisitos de despegue como de aterrizaje del avión crítico para el cual será utilizada la pista, así como la necesidad de efectuar operaciones en ambos sentidos de la pista. Entre las condiciones locales que pueden considerarse figuran la elevación, temperatura, pendiente de la pista, humedad y características de la superficie de la pista.

Cuando no se conocen los datos sobre la performance de los aviones para los que se destine la pista, la longitud de toda pista principal podría determinarse por medio de la aplicación de los coeficientes de corrección generales. Sin embargo, es aconsejable consultar el documento preparado por los fabricantes de aeronaves “Características de las aeronaves para la planificación de aeropuertos” (NAS 3601) a fin de obtener la información más actualizada.

- Calculo de las Distancias Declaradas.

La introducción de zonas de parada y de zonas libres de obstáculos, y la utilización de umbrales desplazados en las pistas, han creado la necesidad de disponer de información precisa con respecto a las diferentes distancias físicas disponibles y adecuadas para el aterrizaje y el despegue de los aviones. Para este propósito se emplea el término “distancias declaradas”, con las cuatro distancias siguientes asociadas con una pista determinada:

- a) Recorrido de despegue disponible (TORA), es decir, la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que despegue.
- b) Distancia de despegue disponible (TODA), es decir, la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de la zona libre de obstáculos, si la hubiera.

- 
- c) Distancia de aceleración-parada disponible (ASDA), es decir, la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de zona de parada, si la hubiera.
- d) Distancia de aterrizaje disponible (LDA), es decir, la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el recorrido en tierra de un avión que aterrice.

Es importante calcular las distancias declaradas de una pista prevista para ser utilizada por el transporte aéreo comercial internacional, ya que se exige la notificación de las distancias declaradas para cada sentido de la pista. En la Figura 16 se ilustran casos típicos y en la Figura 17 se ofrece una tabla de las distancias declaradas.

Si la pista no está provista de una zona de parada ni de una zona libre de obstáculos y además el umbral está situado en el extremo de la pista, de ordinario, las cuatro distancias declaradas tendrán una longitud igual a la de la pista, según se indica en la Figura 16-A

Si la pista está provista de una zona libre de obstáculos (CWY), entonces en la TODA se incluirá la longitud de la zona libre de obstáculos, según se indica en la Figura 16-B

Si la pista está provista de una zona de parada (SWY), entonces en la ASDA se incluirá la longitud de la zona de parada, según se indica en la Figura 16-C

Si la pista tiene el umbral desplazado, entonces en el cálculo de la LDA se restará de la longitud de la pista la distancia a que se haya desplazado el umbral, según se indica en la Figura 16-D. El umbral desplazado influye en el cálculo de la LDA solamente cuando la aproximación tiene lugar hacia el umbral; no influye en ninguna de las distancias declaradas si las operaciones tienen lugar en la dirección opuesta.

Los casos de pistas provistas de zona libre de obstáculos, de zona de parada, o que tienen el umbral desplazado, se esbozan en las Figuras 16-B a 16-D. Si concurren más de una de estas características habrá más de una modificación de las distancias declaradas, pero se seguirá el mismo principio esbozado. En las Figuras 16-E y 16-F se presentan dos ejemplos en los que concurren todas estas características.

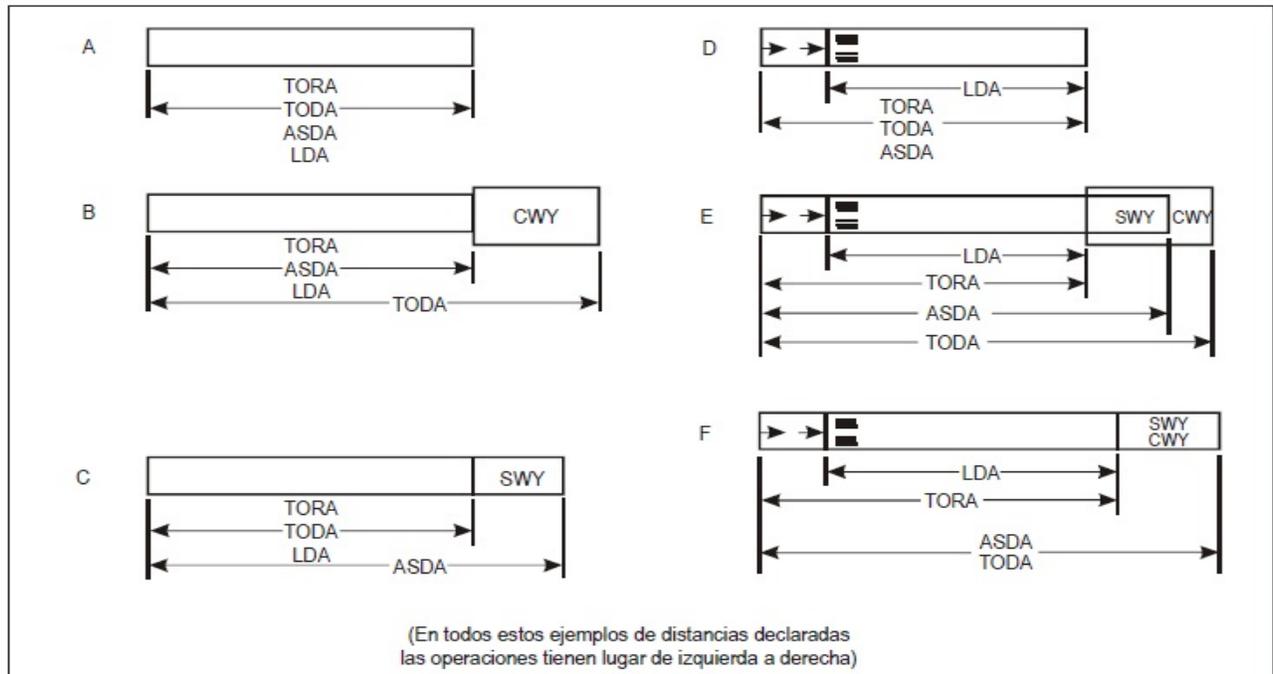


Figura 16. Distancias declaradas, (Anexo 14 OACI)

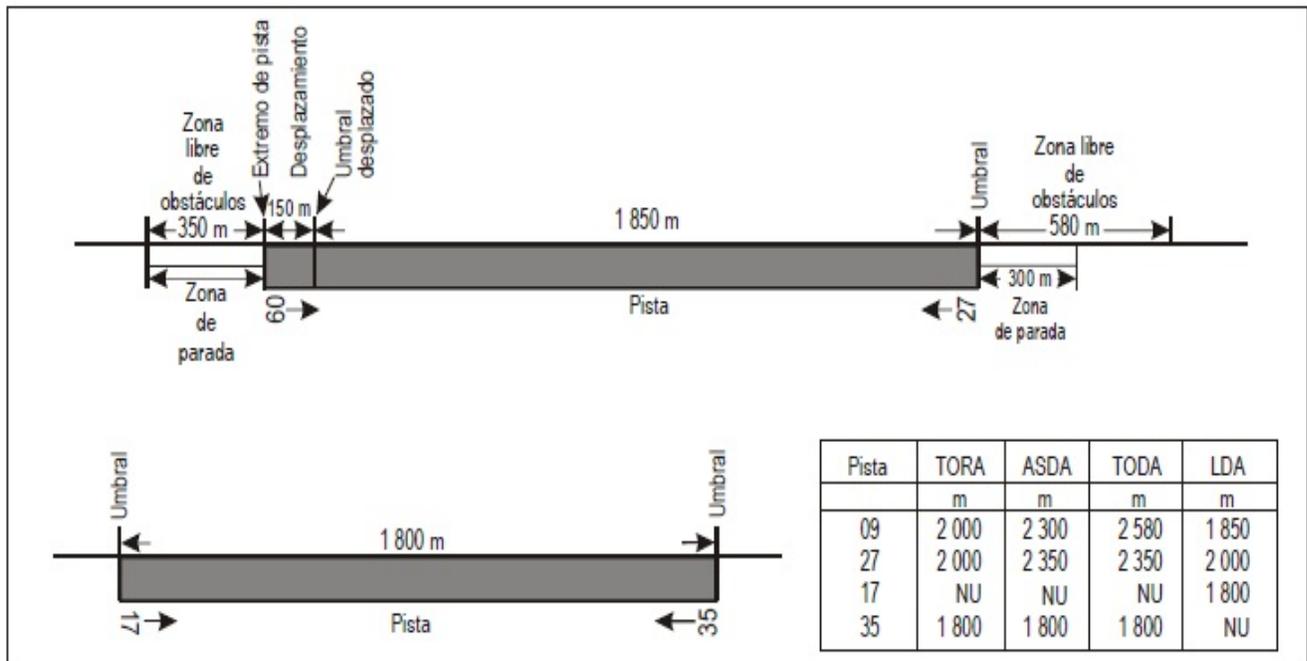


Figura 17. Determinación de las distancias declaradas, (Anexo 14 OACI)

- Corrección de la longitud de la pista por elevación temperatura y pendiente.

La longitud de la pista debe determinarse aplicando factores de corrección generales. Como primera medida debería elegirse para la pista una longitud básica que le

---

permita atender los requisitos operacionales de los aviones para los que esté prevista la pista. Esta longitud básica es la longitud de pista seleccionada a los fines de planificación de aeródromos, que es necesaria para el despegue o el aterrizaje en condiciones correspondientes a la atmósfera tipo, a la elevación cero, con viento y pendiente de pista nulos.

La longitud básica seleccionada para la pista debería aumentarse a razón del 7% por cada 300 m de elevación.

La longitud de la pista determinada debería aumentarse a su vez a razón del 1% por cada 1°C en que la temperatura de referencia del aeródromo exceda a la temperatura de la atmósfera tipo correspondiente a la elevación del aeródromo (véase la Tabla 2). Sin embargo, si la corrección total por elevación y temperatura fuera superior al 35%, las correcciones necesarias deberían obtenerse mediante un estudio al efecto. Las características operacionales de determinados aviones pueden indicar que estas constantes de corrección, por elevación y temperatura, no son adecuadas, y que podría ser necesario modificarlas en base a los resultados que se obtengan en un estudio aeronáutico que tome en consideración las condiciones que existan en el lugar en cuestión y los requisitos operacionales de tales aviones.

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

En los aeródromos donde tanto la humedad como la temperatura son elevadas, acaso sea necesario aumentar la longitud de pista determinada, aunque no se pueden dar cifras exactas acerca de las mayores longitudes requeridas.

Tabla 2. Valores atmosféricos tipo(Anexo 14 OACI)

Altitud (m)	Temperatura (° Centígrados)	Presión (Kg/m <sup>3</sup> )
0	15,00	1,23
500	11,75	1,17
1 000	8,50	1,11
1 500	5,25	1,06
2 000	2,00	1,01
2 500	-1,25	0,96
3 000	-4,50	0,91
3 500	-7,75	0,86
4 000	-10,98	0,82
4 500	-14,23	0,78
5 000	-17,47	0,74
5 500	-20,72	0,70
6 000	-23,96	0,66

EJEMPLOS DE CORRECCIONES DE LONGITUD DE PISTA:

EJEMPLO 1

Datos:

Longitud de pista requerida para aterrizar a nivel del mar en condiciones de atmosfera tipo	2100m
Longitud de pista requerida para despegar en emplazamiento plano situado al nivel del mar en condiciones de atmosfera.	1700m
Elevación del aeropuerto	150m
Temperatura de referencia de aeropuerto	24°C
Temperatura a 150 m en la atmosfera tipo	14,025°C
Pendiente de pista	0,5 %

---

Correcciones de la longitud de pista para el despegue:

Longitud de pista para despegue corregida por elevación=

$$\left[1700 \times 0,07 \times \frac{150}{300}\right] + 1700 = 1760 \text{m}$$

Longitud de pista para el despegue corregida por elevación y temperatura.

$$[1760 \times (24 - 14,025) \times 0,01] + 1760 = 1936 \text{m}$$

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

$$[1936 \times 0,5 \times 0,10] + 1936 = 2033 \text{ m}$$

Corrección de la longitud de pista para el despegue corregida por elevación, temperatura y pendiente.

$$\left[2033 \times 0,07 \times \frac{150}{300}\right] + 2033 = 2174 \text{ m}$$

Longitud efectiva de la pista = 2175m

## EJEMPLO 2

Datos :

Longitud de pista requerida para el aterrizaje al nivel del mar en condiciones de atmosfera tipo	2100m
Longitud de pista requerida para el despegue en un emplazamiento plano al nivel del mar en condiciones de atmosfera tipo.	2500m
Elevación del aeropuerto	150m
Temperatura de referencia del aeródromo.	24°C
Temperatura a 150 m en la atmosfera	14,025°C
Pendiente de pista	0,5 %

---

Corrección de la longitud de pista para el despegue  
Longitud de pista para el despegue corregida por elevación

$$\left[ 2\,500 \times 0,07 \times \frac{150}{300} \right] + 2\,500 = 2\,588 \text{ m}$$

Longitud de pista para el despegue corregida por elevación y temperatura

$$[2,588 \times (24 - 14,025) \times 0,01] + 2,588 = 2,846 \text{ m}$$

Longitud de pista para el despegue corregida por elevación, temperatura y pendiente=

$$[2,846 \times 0,5 \times 0,10] + 2,846 = 2,988 \text{ m}$$

Corrección de la longitud de pista para el aterrizaje: longitud de pista para el aterrizaje corregida por elevación

$$\left[ 2,100 \times 0,07 \times \frac{150}{300} \right] + 2,100 = 2,174 \text{ m}$$

Longitud efectiva de la pista = 2,988 m

- Términos Operacionales

Antes de examinar la relación entre los parámetros de performance de los aviones y los requisitos de longitud de pista es necesario explicar los términos operacionales siguientes:

a) La velocidad de decisión (V1) es la velocidad escogida por el explotador en la cual se supone que el piloto, al percatarse del fallo del motor crítico, decide proseguir el vuelo o iniciar la aplicación del primer dispositivo retardador. Si el fallo de los motores ocurre antes de alcanzarse la velocidad de decisión, el piloto debería parar; si el fallo ocurre después, el piloto no debería detenerse sino proseguir el despegue. Como regla general, se selecciona una velocidad de decisión que es inferior o casi equivalente a la velocidad segura de despegue (V2). No obstante, debería ser superior a la velocidad menor en la cual el avión todavía puede ser controlado en tierra o cerca de ella en caso de fallo del motor más crítico; esta velocidad debería recogerse en el manual del avión

- b) La velocidad segura de despegue ( $V_2$ ) es la velocidad mínima a la que se permite ascender al piloto después de alcanzar la altura de 10,7m (35ft) para mantener por lo menos la pendiente ascensional mínima requerida sobre la superficie de despegue durante el despegue con un motor inactivo.
- c) La velocidad de rotación ( $V_R$ ) es la velocidad en la que el piloto inicia la rotación del avión a fin de levantar el tren de aterrizaje.
- e) La velocidad en el punto de despegue ( $V_{LOF}$ ) expresada como velocidad aérea calibrada, es la velocidad en que el avión entra en sustentación en el aire.

Tabla 3. Anchuras de Pistas (Anexo 14 OACI)

Núm. de clave	Letra de clave					
	A	B	C	D	E	F
1 <sup>a</sup>	18 m	18 m	23 m	—	—	—
2 <sup>a</sup>	23 m	23 m	30 m	—	—	—
3	30 m	30 m	30 m	45 m	—	—
4	—	—	45 m	45 m	45 m	60 m

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

- Características Físicas

La anchura de toda pista no debería ser menor de la dimensión apropiada especificada en la Tabla 3.

En la Tabla 3 y 4 se muestran las anchuras mínimas de pista consideradas necesarias para garantizar la seguridad operacional. Los factores que influyen en la anchura de la pista son:

- a) Desviación de la aeronave fuera del eje al momento de tomar contacto;
- b) Condición de viento de costado;
- c) Contaminación de la superficie de la pista (p. ej., lluvia, nieve, nieve fundente o hielo);
- d) Depósitos de caucho;
- e) Aproximaciones en vuelo diagonal para aterrizaje con condiciones de viento transversal;
- f) Velocidades de aproximación empleadas;
- g) Visibilidad; y
- h) Factores humanos



Tabla 4. Clave de referencia de un aeródromo, (Anexo 14 OACI)

ELEMENTO 1 DE LA CLAVE		ELEMENTO 2 DE LA CLAVE		
Num. de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal <sup>a</sup>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4,5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1 200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4,5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1 200 m hasta 1 800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1 800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		F	Desde 65 m hasta 80 m (exclusive)	Desde 14 m hasta 16 m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje principal.

### Pendientes longitudinales

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

- 1%, cuando el número de clave sea 3 ó 4; y
- 2%, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

En ninguna parte de la pista la pendiente longitudinal debería exceder del:

- 1,25%, cuando el número de clave sea 4, excepto en el primero y el último cuartos de la longitud de la pista, en los cuales la pendiente longitudinal no debería exceder del 0,8%;
- 1,5%, cuando el número de clave sea 3, excepto en el primero y el último cuartos de la longitud de una pista para aproximaciones de precisión de Categoría II o III, en los cuales la pendiente no debería exceder del 0,8%; y
- 2%, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

## Cambios de pendiente longitudinal

Cuando no se pueda evitar un cambio de pendiente entre dos pendientes consecutivas, éste no debería exceder del:

- 1,5%, cuando el número de clave sea 3 ó 4; y
- 2%, cuando el número de clave sea 1 ó 2.

La transición de una pendiente a otra debería efectuarse por medio de una superficie curva (Fig. 18) con un grado de variación que no exceda de:

- 0,1% por cada 30 m (radio mínimo de curvatura de 30 000 m) cuando el número de clave sea 4;
- 0,2% por cada 30 m (radio mínimo de curvatura de 15 000 m) cuando el número de clave sea 3; y
- 0,4% por cada 30 m (radio mínimo de curvatura de 7 500 m) cuando el número de clave sea 1 ó 2.

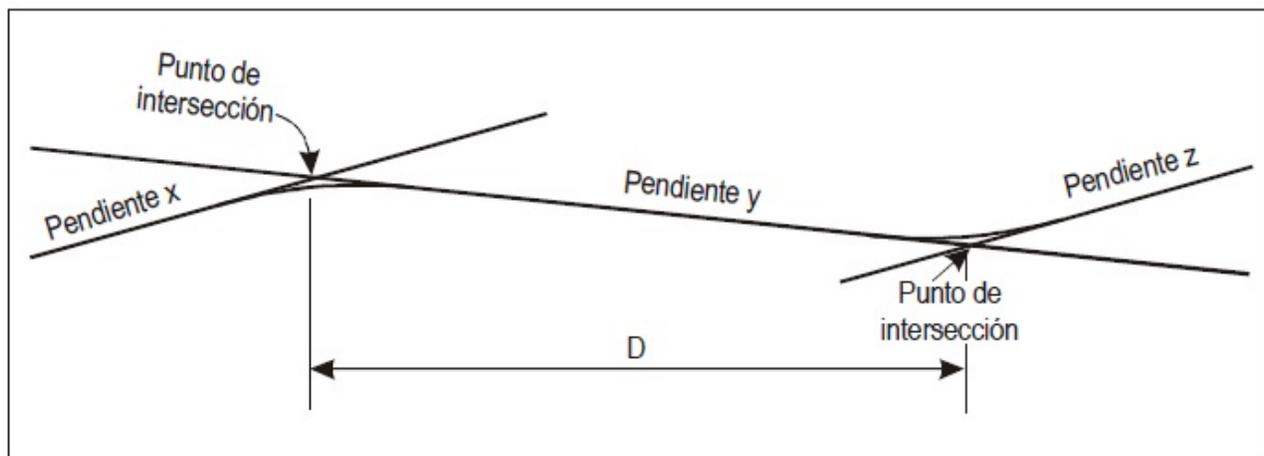


Figura 18. Perfil del eje de la pista, (Anexo 14 OACI)

### Distancia entre cambios de pendiente

A lo largo de una pista deberían evitarse ondulaciones o cambios de pendiente apreciables que estén muy próximos. La distancia entre los puntos de intersección de dos curvas sucesivas no debería ser menor que:

- a) la suma de los valores numéricos absolutos de los cambios de pendiente correspondientes, multiplicada por el valor que corresponda entre los siguientes:
  - 30 000 m cuando el número clave sea 4;
  - 15 000 m cuando el número clave sea 3; y
  - 5 000 m cuando el número clave sea 1 ó 2

---

b) 45 m; tomando la que sea mayor.

El siguiente ejemplo ilustra cómo debe determinarse la distancia entre cambios de pendiente (véase la Figura 18)

D para una pista de clave 3 debería de ser por lo menos igual:

$$15\ 000[|x-y|+|y-z|]m$$

$|x-y|$  Siendo el valor numérico absoluto de  $x-y$

$|y+z|$  Siendo el valor numérico absoluto de  $y-z$

Donde  $x= +0,01$

$y= - 0,005$

$z= 0,005$

Resultara:

$$|x-y|=0,015$$

$$|y-z|=0,01$$

Para cumplir con la especificación D no deberá de ser inferior a:

Para cumplir con la especificación, D no deberá ser inferior a:

$$15\ 000(0,015+0,01) m$$

$$\text{Es decir; } 15\ 000 \times 0,025 = 375m$$

- Planificación teniendo en cuenta la futura evolución de las aeronaves

En el Anexo 14, Volumen I de la OACI, se establecen las especificaciones mínimas de aeropuertos para aeronaves con las características de las que están actualmente en servicio o para otras semejantes que estén en proyecto. Por lo tanto, las especificaciones vigentes se han formulado considerando aviones hasta del tamaño del Airbus A380-800.

---

Las tendencias en los diseños de futuras aeronaves pueden conocerse consultando diversas fuentes. Por ejemplo, los fabricantes de aeronaves y el Consejo Coordinador Internacional de Asociaciones de Industrias Aeroespaciales. Para efectos de la planificación de futuros desarrollos de aeropuertos, se podrán emplear las siguientes dimensiones de aeronaves considerando aviones hasta del tamaño del Airbus A380-800:

- Envergadura hasta 84m
- Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal hasta 20 m
- Longitud total 80m o más
- Altura de cola hasta 24m
- Masa bruta máxima 583 000kg o más. superficie.

### 1.3.2.2 CALLES DE RODAJE

Las calles de rodaje son el enlace entre la pista y la plataforma. Las aeronaves pueden transitar por ellas ya sea con propulsión propia o tracción ajena. En las calles de rodaje las velocidades son pequeñas, por lo tanto los criterios en cuanto a dimensiones son menores que en el caso de las pistas.

La máxima utilización de la capacidad y eficacia de un aeropuerto sólo puede conseguirse logrando un equilibrio apropiado entre las necesidades relativas pistas, terminales para pasajeros y mercancías y áreas de aparcamiento y servicio de aeronaves. Estos elementos funcionales de los aeropuertos separados y distintos están enlazados por el sistema de calles de rodaje. Por lo tanto, los componentes del sistema de calles de rodaje sirven para establecer el enlace con las funciones del aeropuerto y son necesarios para alcanzar la utilización óptima del mismo.

El diseño del sistema de calles de rodaje debería ser tal que redujera al mínimo las restricciones a los movimientos de aeronaves entre las pistas y las plataformas. En un sistema con el diseño adecuado debería mantenerse un flujo uniforme y continuo del tráfico de aeronaves en tierra a la velocidad máxima factible con un mínimo de aceleración o desaceleración. Este requisito garantiza que el sistema de calles de rodaje funcionará con los más elevados grados tanto de seguridad como de eficacia.

---

En todo aeropuerto, el sistema de calles de rodaje debería permitir atender (sin considerable demora) la demanda de llegadas y salidas de aeronaves para el sistema de pistas. Cuando la utilización de las pistas es reducida, esto se logra con un mínimo de componentes del sistema de calles de rodaje. Sin embargo, a medida que aumenta el régimen de aceptación de las pistas, hay que ampliar suficientemente la capacidad del sistema de calles de rodaje con objeto de evitar que esto se convierta en un factor que limite la capacidad del aeropuerto. En el caso extremo de que se produzca una saturación de la capacidad de las pistas, ocasión en que las aeronaves llegan y salen con una separación mínima, el sistema de calles de rodaje salgan de la pista tan pronto como sea factible después de aterrizar y que entren en la misma inmediatamente antes de despegar. Se logra así que los movimientos de aeronaves en la pista se efectúen con una mínima separación.

Las pistas y calles de rodaje son los elementos menos flexibles del aeropuerto y, por lo tanto como se muestra en la Figura 19, deben tenerse en cuenta en primer lugar cuando se planifica la construcción de un aeropuerto. Los pronósticos sobre las actividades futuras deberían identificar las variaciones en el ritmo de los movimientos de aeronaves, la modalidad del tráfico, el tipo de aeronaves y otros factores que inciden en la configuración y las dimensiones de los sistemas de pistas y calles de rodaje.



Figura 19. Calles de rodaje, (Google earth)

Debería tenerse cuidado de que la atención que se preste a las necesidades actuales del sistema no haga que se descuiden las etapas de desarrollo del plan maestro, que tienen igual o mayor importancia. Por ejemplo, si se pronostica que un aeropuerto ha de servir en el futuro a aeronaves de mayor tamaño, el actual sistema de calles de rodaje debería trazarse de modo que se tengan en cuenta las separaciones mayores que serán finalmente necesarias (Tabla 5)

Tabla 5. Criterios relativos al diseño de una calle de rodaje, (Anexo 14 OACI)

Características físicas	Letra de clave					
	A	B	C	D	E	F
Anchura mínima de:						
pavimento de la calle de rodaje	7,5 m	10,5 m	18 m <sup>a</sup> 15 m <sup>b</sup>	23 m <sup>c</sup> 18 m <sup>d</sup>	23 m	25 m
pavimento y margen de la calle de rodaje	—	—	25 m	38 m	44 m	60 m
franja de la calle de rodaje	32,5 m	43 m	52 m	81 m	95 m	115 m
parte nivelada de la franja de la calle de rodaje	22 m	25 m	25 m	38 m	44 m	60 m
Distancia libre mínima entre la rueda exterior del tren de aterrizaje principal y el borde de la calle de rodaje	1,5 m	2,25 m	4,5 m <sup>a</sup> 3 m <sup>b</sup>	4,5 m	4,5 m	4,5 m
Separación mínima entre el eje de la calle de rodaje y:						
eje de una pista de vuelo por instrumentos						
número de clave						
1	82,5 m	87 m	—	—	—	—
2	82,5 m	87 m	—	—	—	—
3	—	—	168 m	176 m	—	—
4	—	—	—	176 m	182,5 m	190 m
eje de una pista que no sea de vuelo por instrumentos						
número de clave						
1	37,5 m	42 m	—	—	—	—
2	47,5 m	52 m	—	—	—	—
3	—	—	93 m	101 m	—	—
4	—	—	—	101 m	107,5 m	115 m
eje de calle de rodaje	23,75 m	33,5 m	44 m	66,5 m	80 m	97,5 m
objeto						
calle de rodaje <sup>e</sup>	16,25 m	21,5 m	26 m	40,5 m	47,5 m	57,5 m
calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves	12 m	16,5 m	24,5 m	36 m	42,5 m	50,5 m
Pendiente longitudinal máxima de la calle de rodaje:						
pavimento	3%	3%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
variación de la pendiente	1% por 25 m	1% por 25 m	1% por 30 m	1% por 30 m	1% por 30 m	1% por 30 m
Pendiente transversal máxima de:						
pavimento de la calle de rodaje	2%	2%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
parte nivelada de la franja de la calle de rodaje						
pendiente ascendente	3%	3%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
pendiente descendente	5%	5%	5%	5%	5%	5%
parte no nivelada de la franja						
pendiente ascendente	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Radio mínimo de la curva vertical longitudinal	2 500 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Alcance visual mínimo en la calle de rodaje	150 m desde una altura de 1,5 m	200 m desde una altura de 2 m	300 m desde una altura de 3 m	300 m desde una altura de 3 m	300 m desde una altura de 3 m	300 m desde una altura de 3 m

- a. Calle de rodaje destinada a aviones con base de ruedas de 18 m o más.  
b. Calle de rodaje destinada a aviones con base de ruedas inferior a 18 m.  
c. Calle de rodaje destinada a aviones con una anchura total del tren de aterrizaje principal de 9 m o más.  
d. Calle de rodaje destinada a aviones con una anchura total tren de aterrizaje principal inferior a 9 m.  
e. Calle de rodaje que no sea calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves.

---

Al planificar la configuración general del sistema de calles de rodaje, deberían tenerse presentes los siguientes principios:

- a) El trayecto descrito por las calles de rodaje debería conectar los diversos elementos del aeropuertos utilizando las distancias más cortas, para reducir al mínimo el tiempo de rodaje y el costo Figura 19
- b) El trayecto descrito por las calles de rodaje debería ser lo más sencillo posible, con objeto de evitar confundir al piloto y la necesidad de tener que dar instrucciones complicadas (Figura 19)
- c) Siempre que sea posible, deberían utilizarse tramos rectos de pavimento. Cuando los cambios de dirección sean necesarios, se diseñarán curvas con radio adecuado, así como superficies de enlace o calles de rodaje más anchas, a fin de permitir el rodaje a la máxima velocidad que sea posible (Figura 19).
- d) Debería evitarse que las calles de rodaje crucen las pistas u otras calles de rodaje, siempre que sea posible, en interés de la seguridad y para reducir la posibilidad de que ocurran demoras importantes en el rodaje;
- e) Las calles de rodaje deberían tener tantos tramos unidireccionales como sea posible, para reducir al mínimo los conflictos de tráfico de aeronaves y las demoras. Deberían analizarse los movimientos de aeronaves en los tramos de las calles de rodaje respecto a cada configuración en la que se utilizará la pista o pistas;
- f) El sistema de calles de rodaje debería planificarse de modo que se logre la máxima vida útil de cada componente, a fin de que en las futuras etapas de ampliación se incluyan elementos del sistema existente;
- g) En el fondo, un sistema de calles de rodaje funcionará únicamente con la eficacia de su componente menos adecuado. Por lo tanto, en la etapa de planificación deberían localizarse y eliminarse los posibles atrasos.

---

Entre otras consideraciones importantes cuando se lleva a cabo la planificación de un sistema de calles de rodaje, figuran las siguientes:

- a) El trayecto descrito por las calles de rodaje debería evitar las áreas en las que el público pueda tener fácil acceso a las aeronaves. La seguridad de las aeronaves durante el rodaje, contra sabotaje o agresión armada, debería ser de importancia primordial en regiones en que este aspecto es objeto de especial preocupación.
- b) Los trazados de las calles de rodaje deberían estar planificados de manera que las aeronaves en rodaje o los vehículos terrestres que utilicen la calle de rodaje, no causen interferencia a las ayudas para la navegación (Figura 19).
- c) Todas las partes del sistema de calles de rodaje deberían ser visibles desde la torre de control del aeropuerto. Deben utilizarse cámaras fotográficas con telemando para vigilar las partes de las calles de rodaje oscurecidas por los edificios de la terminal u otras estructuras del aeropuerto, si tales áreas no pueden evitarse en la práctica.
- d) Deberían atenuarse los efectos del chorro de gases procedente de los motores de reacción en las áreas adyacentes a las calles de rodaje, estabilizando los suelos sin cohesión e instalando, donde sea necesario, barreras para proteger a las personas o las estructuras.

Debería existir un número suficiente de calles de rodaje de entrada y salida que sirvan a determinada pista para atender el tráfico más intenso de aeronaves que despeguen y aterricen en un momento dado. Deberían proyectarse y establecerse entradas y salidas suplementarias antes del aumento previsto en la utilización de las pistas. Los siguientes principios son aplicables a la planificación de estos componentes del sistema de calles de rodaje:

- a) La función de las calles de salida es reducir al mínimo el tiempo de ocupación de la pista por las aeronaves que aterrizan. Teóricamente, las calles de salida pueden situarse de modo que sirvan lo mejor posible a cada tipo de aeronave a que se destina la pista. En la práctica, la separación y número óptimos se determinan agrupando a las aeronaves en un número limitado de clases,

---

basándose en la velocidad de aterrizaje y la desaceleración después de la toma de contacto.

- b) La calle de salida debería permitir a una aeronave salir de la pista sin restricción alguna hasta un punto situado fuera de la pista, permitiendo de esta manera efectuar lo antes posible otra operación en ella Figura 19.
- c) La calle de salida puede estar ya sea en ángulo recto o en ángulo agudo respecto de la pista. En el primer caso la aeronave tiene que reducir considerablemente la velocidad antes de efectuar el viraje de salida de la pista, mientras que en el segundo caso las aeronaves pueden salir de la pista a una velocidad mayor, reduciéndose así el tiempo de ocupación de la pista y aumentando la capacidad de la misma Figura 20.
- d) Por lo general, una sola entrada en cada extremo de la pista es suficiente para atender los despegues. Sin embargo, si el volumen del tránsito lo justifica, debe considerarse la utilización de desviaciones, apartaderos de espera, o entradas múltiples a la pista.

Las calles de rodaje situadas en las plataformas se dividen en los dos tipos siguientes.

- a) La calle de rodaje en la plataforma es una calle de rodaje situada en una plataforma y destinada ya sea a proporcionar un trayecto directo para el rodaje a través de la plataforma o para tener acceso a un puesto de estacionamiento de aeronaves.
- b) La calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves es la parte de una plataforma designada como calle de rodaje y destinada a proporcionar acceso solamente a los puestos de estacionamiento de aeronaves, Figura 21.

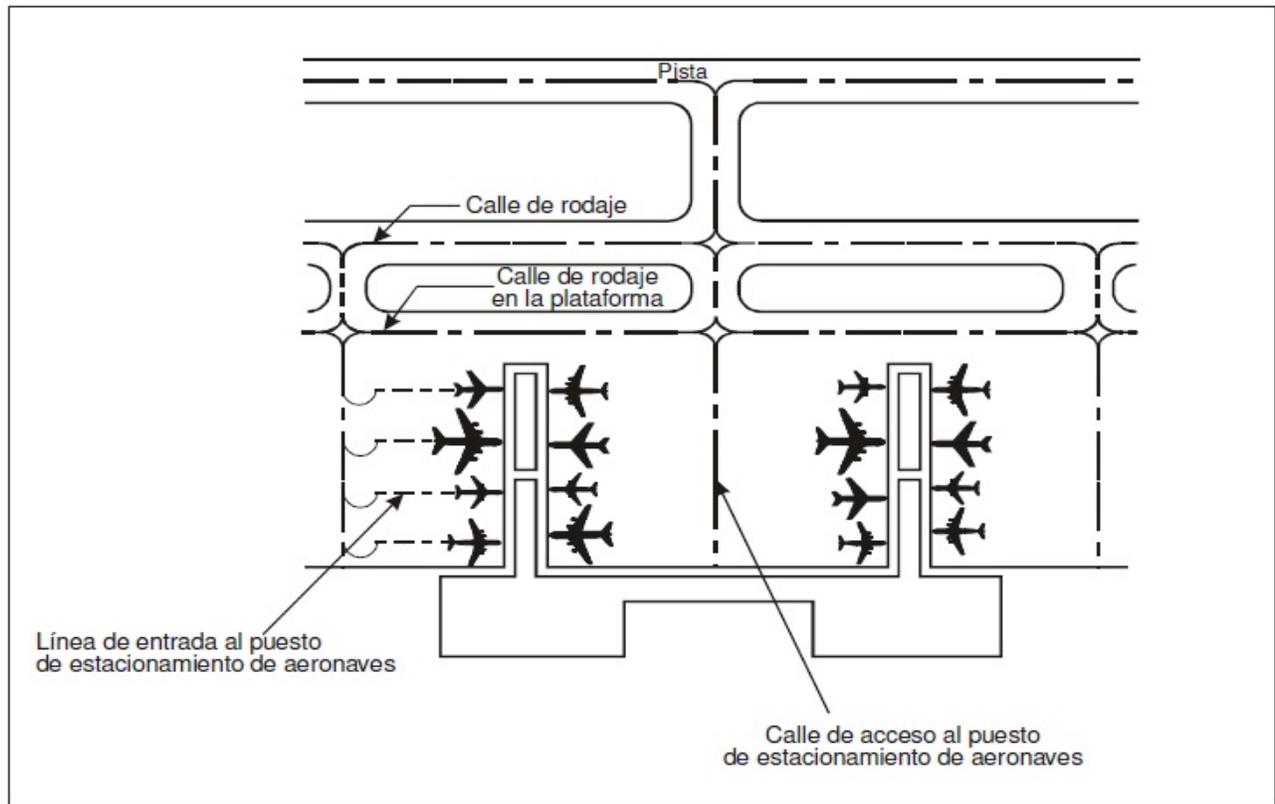


Figura 20. Calles de rodaje en plataforma, (Ing. Jean-Yves Carrasco. El Aeropuerto, un Concepto en Evolución Permanente)

Se recomienda que la mejor manera de evitar un problema como el de una incursión en pista es evitando el cruce de ésta: Para esto se advierte que siempre que sea físicamente posible se deberá construir calles de rodaje perimetrales para rodear la pista y evitar el cruce.

La entrada a pista solo se debe hacer en calles de rodaje perpendiculares, y preferentemente en las cabeceras de la pista Figura 19 y 20, de igual manera cuando no se pueda evitar el cruce de una pista éste se deberá hacer en rodajes perpendiculares y en los extremos de pista. Si se hace de esta manera la posibilidad de un error se minimiza ya que en los extremos de pista la velocidad de los aviones ya sea despegando o aterrizando es menor y, si se cruza a  $90^\circ$  con referencia a la pista, la visibilidad desde la cabina de pilotos es adecuada para poder cerciorarse que no hay otro tráfico que se pueda afectar.

- 
- Sistemas de ayudas visuales.

Se debe proporcionar a los pilotos de aviones ayudas visuales que les permitan tener información visual durante el aterrizaje así como en el despegue. Esto se logra proporcionando las siguientes ayudas en los casos de baja visibilidad:

- Iluminación de aproximación.
- Iluminación del umbral de la pista y borde de pista.
- La línea central de pista y luces de área de toque.
- Borde de calles de rodaje, iluminación de la línea central y sistema de señales.

La iluminación es requerida principalmente en condiciones de baja visibilidad y durante la noche. Desde el aire el piloto ve la pista como una larga y estrecha tira de lados rectos y libres de obstáculos, conforme se aproxima a tierra las marcas son usadas por el piloto como ayudas visuales.

Una vez que aterriza la aeronave las ayudas visuales de la pista deben estar diseñadas para dar al piloto información sobre alineación, trayectoria lateral rodaje y distancias.

Para el marcado se usa color blanco para pistas y amarillo para calles de rodaje. El final de cada pista es marcado con un número el cual indica el azimut magnético.

Los vehículos y otros objetos móviles en tierra deben señalarse ya que se consideran obstáculos. Para obstáculos fijos se utilizan señalamientos con cuadros rojos y blancos, así como banderolas.



Figura 21. Ayudas visuales, (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

Parte importante de un aeropuerto es el cuerpo de rescate y extinción de incendios (CREI), cuya terminal debe tener acceso directo a la pista para actuar ante cualquier emergencia.

Las ayudas visuales se pueden clasificar en:

- Ayudas visuales luminosas.

Faro de identificación, luces guía para el vuelo sin circuito, sistema indicador de pendientes, protector de techos, equipo luminoso auxiliar para la torre de control,

---

iluminación de pistas, PAPI (sistema para aproximaciones visuales de precisión)  
Figura 21.

- Ayudas visuales no luminosas.

Paneles de señales terrestres, señales designado ras de pistas, señales de placa, señales de orientación, etc, (Fig. 22)



Figura 22. Ayudas visuales no luminosas, (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

### 1.3.2.3 PLATAFORMAS

Por plataforma se define como una zona destinada a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento. La plataforma suele estar pavimentada; en algunos casos, una plataforma provista de césped puede ser adecuada para aeronaves pequeñas.

- 
- Tipos de plataforma

**Plataforma de la terminal de pasajeros:**

La plataforma de la terminal de pasajeros es una zona designada para las maniobras y estacionamiento de las aeronaves que está situada junto a las instalaciones de la terminal de pasajeros o que ofrece fácil acceso a las mismas Figura 23.

Desde esta zona los pasajeros que salen de la terminal embarcan en la aeronave. La plataforma de la terminal de pasajeros facilita el movimiento de pasajeros y se utiliza para el abastecimiento de combustible y mantenimiento de aeronaves, así como para el embarque y desembarque de carga, correo y equipaje. Cada uno de los lugares de estacionamiento de aeronaves en la plataforma de la terminal de pasajeros se denomina puesto de estacionamiento de aeronaves.

Durante largos períodos, Estas plataformas pueden utilizarse durante la parada-estancia de la tripulación o mientras se efectúa el servicio y mantenimiento periódico menor de aeronaves que se encuentran temporalmente fuera de servicio.

Aunque las plataformas de estacionamiento se encuentran separadas de las plataformas de la terminal, deberían emplazarse lo más cerca posible de éstas a fin de reducir a lo mínimo el tiempo de embarque/desembarque de pasajeros así como por razones de seguridad.

**Plataforma de la terminal de carga:**

Puede establecerse una plataforma distinta para las aeronaves que sólo transportan carga y correo situada junto a un edificio terminal de carga. Es conveniente la separación de las aeronaves de carga y de pasajeros debido a los distintos tipos de instalaciones que cada una de ellas necesita en la plataforma y en la terminal.

---

### **Plataforma de estacionamiento:**

En los aeropuertos puede necesitarse una plataforma de estacionamiento, además de la plataforma de la terminal, donde las aeronaves puedan permanecer estacionadas.



Figura 23. Tipos de plataforma, (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

### **Plataformas de servicio y de hangares:**

Una plataforma de servicio es una zona descubierta adyacente a un hangar de aeronaves en la que puede efectuarse el mantenimiento de aeronaves, mientras que una plataforma de hangar es una zona desde la cual las aeronaves entran y salen de un hangar de aparcamiento.

### **Plataformas para la aviación general:**

Para las aeronaves de la aviación general, utilizadas en vuelos de negocios o de carácter personal, se necesitan varias categorías de plataformas a fin de atender las distintas actividades de la aviación general.

- 
- Diseños básicos de plataformas en la terminal

La determinación del diseño de plataforma de estacionamiento en la terminal que sea más adecuado para satisfacer las necesidades de determinado aeropuerto depende de muchos criterios relacionados entre sí. El diseño de la plataforma de la terminal debe, por supuesto, ser totalmente compatible con el diseño de la terminal y viceversa. Debería utilizarse un procedimiento iterativo para seleccionar la mejor combinación de diseño de plataforma y terminal con objeto de comparar las ventajas y desventajas de cada sistema analizado.

El volumen de tráfico de aeronaves que utilizan la terminal es un factor importante para decidir el diseño de plataforma que sea más eficaz para satisfacer las exigencias del diseño de una terminal en particular. Además, un aeródromo que tenga un porcentaje desproporcionado de tránsito de transbordo internacional (conexiones directas con otro vuelo), o pasajeros cuyo punto de origen sea aquél en que se encuentra emplazado el aeródromo, puede requerir un diseño especial de sistema de terminal y plataforma para tener en cuenta las características asimétricas del tráfico de pasajeros.

Para el embarque de pasajeros se tendrá que planificar el diseño de la plataforma, que deberá tener en cuenta el método que se adoptará para el embarque de pasajeros. Algunos métodos sólo pueden usarse en uno o dos de los diseños básicos de estacionamientos.

La entrada directa al nivel de la aeronave se consigue mediante una pasarela que permite al pasajero entrar en la aeronave desde el edificio terminal sin haber cambiado de nivel. Hay dos tipos de pasarelas, que se ilustran en la Figura 24.

- a) Pasarela estacionaria. Es una pasarela corta que va adosada a una saliente del edificio. La aeronave aparca con la proa hacia adentro, a lo largo de la citada saliente, deteniéndose con la puerta delantera frente a la pasarela, la cual se

---

alarga hacia la aeronave una pequeña distancia, permitiéndose una variación muy limitada entre la altura de la cabina principal de la aeronave y el piso de la terminal.

- b) Pasarela extensible. Uno de los extremos de la pasarela telescópica va unido al edificio terminal, mediante articulación, y el otro se sostiene sobre dos ruedas gemelas orientables, accionadas por motor. La pasarela se orienta hacia la aeronave y se alarga hasta alcanzar la puerta de la misma. El extremo que se acopla a la aeronave puede levantarse o bajarse apreciablemente, lo que permite atender desde la pasarela a aeronaves que tienen distintas alturas de cabina.

Además de las pasarelas, existen otros métodos básicos para la subida o la bajada de los pasajeros:

- a) Escalera móvil. La escalera se lleva hasta la aeronave empujándose o mediante un vehículo y se ajusta para que coincida con el nivel de la puerta. Los pasajeros recorren a pie, al aire libre, o en autobús, la distancia que media entre el edificio terminal y la aeronave y suben por la escalera para embarcar en la aeronave.
- b) Transbordadores. Los pasajeros suben a un autobús, o a un transbordador especialmente concebido, en el edificio terminal y son conducidos a un puesto de estacionamiento de aeronaves alejado. Entonces pueden utilizar las escaleras para subir a la aeronave o subir a ésta desde el mismo nivel que el suelo de la aeronave, por elevación del vehículo.
- c) Aeronaves con escalerilla propia. Este procedimiento es similar al de la escalera móvil y puede utilizarse en cualquier aeronave provista de escalerilla propia. Una vez detenida la aeronave, la tripulación despliega la escalerilla y los pasajeros recorren a pie o en autobús, por la plataforma, la distancia que media entre la aeronave y el edificio terminal.

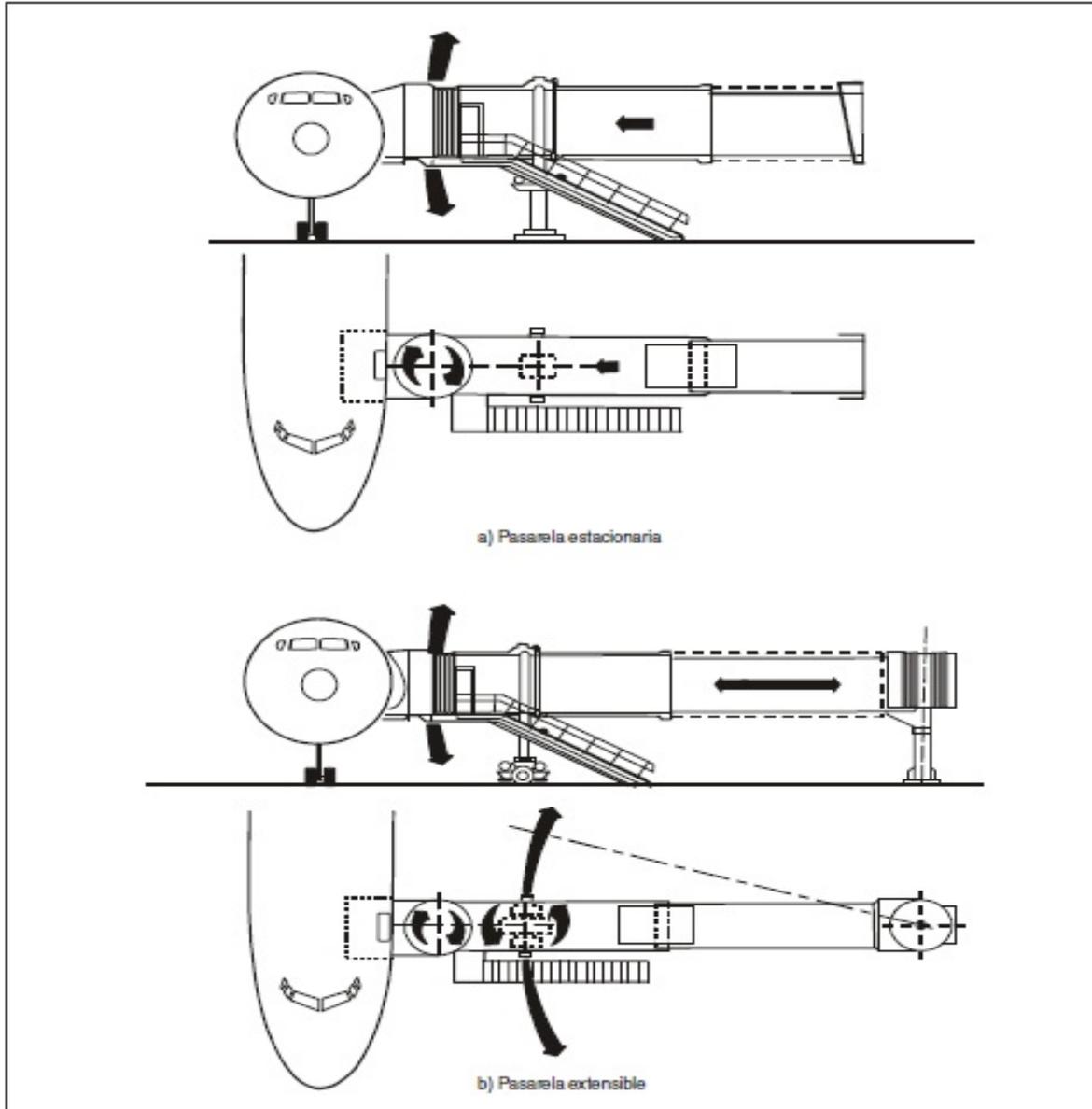


Figura 24. Pasarelas de embarque de pasajeros, Ing. Federico Dovali Ramos. Apuntes de la clase de Aeropuertos. Facultad de Ingeniería UNAM. Semestre 2008-1

- Conceptos sobre las plataformas en la terminal de pasajeros

El diseño de las plataformas en la terminal de pasajeros se relaciona directamente con el concepto de la terminal de pasajeros. En la Figura 11 se ilustran los diversos conceptos de plataforma y terminal; además, se describen brevemente a continuación las características de cada concepto desde el punto de vista de la plataforma.

---

**Concepto simple.** Este concepto se ha de aplicar en los aeropuertos de bajo volumen de tráfico. Las aeronaves se estacionan normalmente en ángulo, con la proa hacia adentro o hacia afuera, entrando y saliendo por sus propios medios. Es preciso prever una distancia libre suficiente entre el borde de la plataforma y el frente de la terminal que da a la parte aeronáutica con el propósito de reducir los efectos nocivos del chorro de motores.

Si no se hiciera de este modo, es necesario establecer barreras de protección contra el chorro. La plataforma puede ampliarse gradualmente, de acuerdo con la demanda, sin causar muchos inconvenientes en las operaciones del aeropuerto.

**Concepto lineal.** Puede considerarse que este concepto es una de las etapas avanzadas del concepto simple. Las aeronaves pueden estacionarse en configuración angular o paralela. No obstante, la configuración de proa hacia adentro para entrar/empuje para salir con distancia libre mínima entre el borde de la plataforma y la terminal, es más común dentro de este concepto ya que con ella se logra mayor eficacia en la utilización del espacio y el movimiento de la aeronave y los pasajeros. El estacionamiento con proa hacia adentro permite una maniobra relativamente fácil y sencilla de las aeronaves en rodaje hasta la posición de embarque. En las operaciones de empuje para salir, las actividades de la plataforma no causan mucha perturbación en los puestos de embarque vecinos. Con todo, es necesario contar con tractores y con operadores hábiles. En los aeropuertos de mucho tráfico puede ser necesario proporcionar calles de rodaje dobles para las plataformas con el propósito de evitar el bloqueo de las operaciones de la calle de rodaje por el empuje de las aeronaves. El corredor entre el borde de la plataforma y el frente de la terminal puede utilizarse para la circulación del tráfico de la plataforma y la zona que rodea la proa de la aeronave estacionada puede utilizarse para emplazar el equipo de servicio terrestre. Cuando la profundidad de la plataforma se planifica desde el principio teniendo en cuenta la longitud máxima de fuselaje, el concepto lineal tiene la misma flexibilidad y posibilidad de expansión que el concepto simple y casi tanto como el concepto de plataforma abierta.

---

**Concepto del espigón.** Como puede verse en la Figura 11, existen algunas variedades de este concepto, según la forma del espigón. Las aeronaves pueden estacionarse en los puestos de embarque a ambos lados del espigón, sea en ángulo, en paralelo o perpendiculares (proa hacia adentro). En caso de haber un solo espigón, la mayoría de las ventajas del concepto lineal se aplicarían a las actividades en la parte aeronáutica, salvo que las posibilidades de expansión gradual son limitadas. En caso de haber dos o más espigones, es preciso dejar espacio suficiente entre los mismos. Si cada uno de ellos atendiera a un gran número de puestos de embarque, puede ser necesario prever calles de rodaje dobles entre los espigones, con el propósito de evitar conflictos entre las aeronaves que entran en los puestos de embarque y salen de los mismos. Es importante considerar espacio suficiente para dos o más espigones a fin de atender a las aeronaves de mayor tamaño del futuro.

**Concepto de satélite.** El concepto de satélite consiste en una unidad satélite rodeada por puestos de embarque, separada de la terminal. El acceso de los pasajeros a una unidad satélite a partir de la terminal se realiza normalmente por vía subterránea o mediante un corredor elevado, con el propósito de aprovechar mejor el espacio de la plataforma, aunque también podría realizarse en la superficie. Según la forma de la unidad satélite, las aeronaves se estacionan en forma radial, paralela o siguiendo otras configuraciones alrededor del satélite. Cuando las aeronaves se estacionan en sentido radial la operación de remolque es fácil aunque se requiere mayor espacio en la plataforma. Si se adopta una configuración de estacionamiento en cuña, no sólo se requiere un rodaje con virajes cerrados desfavorables para llegar a algunos de los puestos de embarque, sino que también se crea congestión en el tráfico del equipo de servicios en tierra de la unidad satélite.

Una de las desventajas de este concepto es la dificultad para efectuar una ampliación gradual ya que sería necesario construir una nueva unidad completa cuando se necesiten puestos de embarque adicionales.

**Concepto del transbordador (plataforma abierta).** Este concepto puede denominarse de plataforma abierta o remota o concepto de transbordador. Como el emplazamiento ideal de las plataformas para las aeronaves es en la proximidad de

---

las pistas y lejos de las demás estructuras, este concepto depararía ventajas para las aeronaves, por ejemplo, menor distancia total de rodaje, maniobras sencillas de las aeronaves por sus propios medios, gran flexibilidad y posibilidad de expansión de las plataformas. Sin embargo, como requiere el transporte de pasajeros, equipaje y carga a distancias relativamente mayores en transbordadores (salones rodantes, autobuses) desde la terminal y hacia la misma, puede crear problemas de congestión del tráfico en la parte aeronáutica.

**Concepto híbrido.** En el concepto híbrido se combinan algunos de los conceptos mencionados anteriormente. Es bastante frecuente combinar el concepto de transbordador con uno de los otros, con objeto de atender el tráfico durante los períodos de mayor intensidad. Los puestos de estacionamiento de aeronave emplazados a cierta distancia de la terminal se designan frecuentemente como plataformas o puestos de estacionamiento remotos.

#### 1.3.2.4 EDIFICIO TERMINAL.

Como ya vimos en el subcapítulo 1.2 la función primaria de una terminal es proveer circulación, procesos y espacios de mantenimiento para operar fluidamente las operaciones y garantizar así un máximo nivel de servicio. Los usuarios de una terminal aérea son los pasajeros y acompañantes, la línea aérea y los operadores del aeropuerto.

El edificio terminal debe contar por lo menos con los siguientes servicios: sala de espera general, sanitarios, teléfonos, centro de información, primeros auxilios, cafetería, renta de autos y casa de cambio.

##### 1.3.2.4.1 ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE UN AEROPUERTO

Para determinar la capacidad que tendrá un aeropuerto se deberá de analizar distintos factores, El punto de partida sea tan solo la forma de cómo se mide la capacidad de un aeropuerto en tierra, desde los servicios relacionados con el avión, la alimentación de combustible, el manejo de equipajes y hasta el proceso de facturación. Hoy por hoy,

---

uno de los retos en las políticas de aviación es optimizar el rendimiento de las capacidades aeroportuarias existentes y mejorar la planificación de nuevas infraestructuras, evitando la yuxtaposición de soluciones puramente locales y la formación de cuellos de botella. En este sentido, en la actualidad existen herramientas y técnicas de análisis capaces de aproximarse a parcialidades de la solución al problema central del análisis de capacidad de la infraestructura aeroportuaria. Varias de estas herramientas y técnicas se enfocan a observar la configuración de la infraestructura por un lado y al análisis estático del flujo de procesos haciendo uso de esquemas, diagramas, planos, entre los tradicionalmente utilizados y las imágenes realísticas y animación tridimensional como los de mayor aceptación. Sin embargo cuando se trata de un riguroso análisis de capacidad de la infraestructura aeroportuaria, existen 4 métodos que son ampliamente difundidos por los expertos en la materia:

A.- Copiar y Optimizar Configuraciones de Arquitectura Desarrolladas para otros Aeropuertos: Si el proceso de adaptación es bien conducido, siempre deja latente una necesidad de verificación que solo puede realizarse durante la operación real.

B.- Análisis Gráfico Utilizando Diagramas Acumulativos: El Análisis Gráfico han demostrado eficacia en su aplicación, sin embargo tienen dos grandes limitaciones: solo representa situaciones típicas y no describen las variaciones que ocurre en la práctica. Solo permiten obtener información sobre un sistema y no dan información sobre la interrelación de los diferentes sistemas y procesos de una terminal aeroportuaria.

C.- Aplicación Práctica de la Teoría de Colas: Estas aplicaciones no ha sido tan eficaz para el diseño de terminales aeroportuarias. Esto se debe a que los procesos presentes en un aeropuerto nunca se presentan bajo condiciones uniformes que puedan ser analizadas.

D.- Simulaciones detalladas por computadora: La capacidad computacional de los equipos de hoy en día crece exponencialmente mientras su costo evoluciona inversamente. Estos sistemas permiten un alto grado de realismo, mínimos riesgo e inversión, lo cual representa una importante ventaja cuando se trata de predecir el comportamiento de sistemas complejos, conocer la interacción entre ellos, cuantificar

---

su respuesta, evaluar distintos escenarios de demanda, dimensionar un adecuado nivel de servicio y por supuesto, evaluar técnica y económicamente distintas alternativas de explotación.

La capacidad de un aeropuerto es la aptitud de procesos de las instalaciones funcionales y de servicio para manejar apropiadamente un determinado volumen de tráfico. Dicha capacidad depende del tipo, tamaño, configuración y condición de todas las facilidades asociadas al viaje del pasajero desde el punto de origen hasta la aeronave y desde la aeronave hasta el punto de destino, considerando asimismo la forma en que las instalaciones son operadas, reguladas y equipadas; para hacer un análisis de capacidad adecuado, se requiere de un escenario de demanda y provocar la máxima capacidad. La demanda se refiere al volumen de pasajeros, de operaciones y las características principales de ambos, que afectan la habilidad de ser acomodadas por los componentes funcionales. Se entiende también que esa aptitud de procesamiento de la demanda debe realizarse a una determinada calidad de servicio. La Calidad de servicio de un componente funcional o subsistema, según es experimentado por los pasajeros, se constituye en nivel de servicio.

Factores tales como el tiempo de espera, el tiempo de proceso, la acumulación de personas y la disponibilidad y conveniencia de instalaciones para el confort son elementos de medida de la calidad del servicio. La capacidad y calidad de servicio están relacionados estrechamente y deben ser siempre considerados en conjunto.

A fin de realizar un adecuado análisis de Capacidad, cuantitativo y cualitativo, de la Infraestructura Aeroportuaria y sus alternativas de configuración, para la demanda actual y futura de corto y largo plazo, se utiliza la técnica de Simulación de Eventos Discretos para lo cual, de acuerdo con conocimientos aplicados en diversos aeropuertos, se aplica esta técnica al proyecto a través de una adaptación de la metodología general de simulación de procesos, se aplicara la siguiente metodología específica.

- 
- 1.- análisis y simulación por la técnica de eventos discretos
  - 2.- Definición de Requerimientos, donde se realizará toda la recopilación de información en campo, la identificación de procesos, el mapeo de procesos, captura, toma de tiempos, redacción y revisión de especificaciones.
  - 3.- Metodología de trabajo, donde se definirá una forma estandarizada de trabajo para la captura de información gráfica para el modelado tridimensional (entre los diferentes grupos de trabajo), y la integración de los escenarios de trabajo
  - 4.- Construcción y pruebas que incluye a la construcción de modelos de geometrías y la construcción de simulaciones; el primero incluye las modelaciones de sillas, mesas, WC, mingitorios, lavamanos, postes porta cintas, bandas de equipaje, mostradores, carros portaequipajes, aviones, autos, autobuses, postes estructurales, áreas de comida, edificio de reclamo de equipaje internacional y nacional, zona de espera, zona de bodegas y banda de equipaje, modelo de fachadas principal y posterior, servicio de renta de autos, taxis y zona de estacionamiento. La segunda incluye modelado de pasajeros en partida, modelado de pasajeros en arribo, modelado de equipaje en partida, modelado de equipaje en arribo, modelado de carga en partida, modelado de carga en arribo, modelado de vuelos en arribo, modelado de vuelos en partida, revisión de modelos.
  - 5.- Pruebas para verificar la funcionalidad de los modelos, e incluye las corridas de simulación preliminares, análisis de sensibilidad, y generación de informes para análisis.
  - 6.- Ajustes al modelo general, e incluye las actividades de adecuación de escenarios, ajuste a los modelos de simulación, simulación final y documentación de resultados.
  - 7.- Documentación, que consiste en la redacción de los manuales de operación, liberación de documentación final y reporte técnico in extenso.
  - 8.- Aprobación final que consiste en la verificación de los modelos de simulación y los modelos tridimensionales en situación real, y finalmente la aprobación del proyecto.

Una vez aplicado el método antes descrito se podrá obtener los siguientes resultados:

- 1.- Presentación del estado integral de capacidad de flujo de la infraestructura aeroportuaria.

- 
- 2.- Diseño de una metodología dinámica de trabajo adecuada a la organización de los Aeropuertos de la Nación.
  - 3.- Establecer un estándar de Aeropuertos para el Análisis de Capacidad.
  - 4.- Capacitar teórica y prácticamente al personal designado por Aeropuertos y Servicios Auxiliares, y los concesionarios en la metodología de trabajo y en el estándar de Análisis de Capacidad, de forma tal que sean completamente autónomos en su uso intensivo y extensivo.
  - 5.- Construir los primeros modelos tridimensionales de análisis en el comportamiento del proceso de emergencia y de los distintos sistemas que conforman la infraestructura aeroportuaria.

#### 1.3.2.5 TORRE DE CONTROL.

Es el lugar donde se encuentran los controladores de tránsito aéreo y desde que realizan sus funciones como se muestra en la Figura 25. Estas edificaciones especiales deben permitirles una observación y vigilancia visual sin ninguna dificultad sobre la zona en que tienen responsabilidad, además debe estar equipada adecuadamente para que puedan comunicarse con las aeronaves , con otras dependencias del aeropuerto y con otras unidades de control de tránsito aéreo como Control de Aproximación y Centros de Control de Área.

El espacio designado para que se proporcione este servicio corresponde a un cilindro con cinco millas de radio en promedio con centro en el aeropuerto y una altura de dos mil pies en un plano vertical sobre la superficie del terreno.

La torre de control aéreo es el centro de control desde donde se realiza el control de tráfico aéreo en la zona de un aeropuerto y sus inmediaciones, es decir, el control del rodaje, el despegue, la aproximación y el aterrizaje de los aviones (Figura 25).

Todos los componentes que forman parte de un aeropuerto, mencionados anteriormente se pueden apreciar mejor en la Figura 9.

---

La torre de control tiene como función ordenar el tráfico en forma rápida y segura. Controla el tráfico sobre la superficie del aeropuerto de su jurisdicción, puede representar cualquier hora del día y cualquier estado meteorológico, sol deslumbrante, niebla, lluvia, o nieve, así como, simular los vientos dominantes.

- Servicio de aproximación

En todos los aeropuertos que tienen este servicio se establece un espacio aéreo controlado que se llama área de control Terminal y que se extiende hasta 50 millas de radio con centro en el aeropuerto y hasta 20,000 pies de altitud y se suministra a las aeronaves volando conforme a un plan de vuelo por instrumentos dentro del área terminal que llegan o salen de uno o más aeropuertos dentro de dicha área.

El controlador proporciona este servicio manteniendo a los aviones que llegan procedentes de diferentes aerovías hacia el aeropuerto de destino, facilitándoles el descenso hacia la pista asignada

El tránsito de salida es dirigido hacia las rutas aéreas previstas en el plan de vuelo, manteniéndose la separación entre las salidas.

Las unidades de control de aproximación mantienen una estrecha coordinación con las torres de control y los centros de control de aérea para intercambiar información e instrucciones relativas a la circulación aérea dentro de su espacio jurisdiccional.

- Espacio aéreo

El espacio aéreo se divide en regiones de información de vuelo, conocidas como FIR (Flight Information Region) y cada país se hace responsable del servicio en las comprendidas en su área de responsabilidad'. En muchos casos esta área de responsabilidad excede las aguas territoriales de un país a fin de que el espacio aéreo comprendido sobre las aguas internacionales sea provisto de un servicio de información.

El espacio aéreo en el que se presta el servicio de control aéreo se llama 'espacio aéreo controlado'. La Unidad encargada de entregar el servicio de control al tráfico aéreo en estas áreas recibe el nombre de Centro de Control de Área. Debido al amplio espacio

---

aéreo que manejan, están divididos en Sectores de Control, cada uno responsable de una parte del espacio total a su cargo. Cuando un avión está a punto de salir de un sector es traspasado al siguiente sector en forma sucesiva, hasta el aterrizaje en su destino. Actualmente, la mayor parte de las rutas aéreas están cubiertas por radares, lo que permite hacer un seguimiento permanente a los vuelos.

En las regiones de información de vuelo se encuentran las áreas terminales de los aeropuertos importantes y entre ellas discurren las aerovías, pasillos por los que circulan las aeronaves. Otros elementos son las áreas prohibidas, restringidas o peligrosas que son zonas donde el vuelo de aeronaves se ve restringido en diferentes medidas y por causas diversas.

Las normas que regulan la circulación aérea en el espacio aéreo controlado se recogen en el Reglamento de Circulación Aérea.



Figura 25. Distintas torres de control, (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

- 
- Misión del control del tráfico aéreo

El propósito primario del sistema de ATC (control de tráfico aéreo) es prevenir una colisión entre las aeronaves operando en el sistema y organizar y agilizar el flujo de tráfico.

Los objetivos de los servicios de tráfico aéreos serán:

- ✓ prevenir colisiones entre aeronaves;
  - ✓ Prevenir colisiones entre aeronaves y obstrucciones del área, tales como serranías, antenas, edificios, etc.
  - ✓ Agilizar y mantener un flujo ordenado de tráfico aéreo;
  - ✓ Proporcionar consejos e información útil para la segura y eficaz conducta de los vuelos;
  - ✓ Notificar a las organizaciones apropiadas con respecto al avión en necesidad de búsqueda y rescate (Search and Rescue) , y ayudar a tales organizaciones como sea requerido.
- Controladores.

El Controlador de tránsito aéreo, o Controlador de tráfico aéreo (ATC, sigla que en inglés significa Air Traffic Controller), es la persona encargada profesionalmente de dirigir el tránsito de aeronaves en el espacio aéreo y en los aeropuertos, de modo seguro, ordenado y rápido, autorizando a los pilotos con instrucciones e información necesarias, dentro del espacio aéreo de su jurisdicción, con el objeto de prevenir colisiones, principalmente entre aeronaves y obstáculos en el área de maniobras. Es el responsable más importante del control de tránsito aéreo.

Su labor es complicada, debido al denso tránsito de aviones, a los posibles cambios meteorológicos y otros imprevistos. Los controladores de tránsito aéreo se seleccionan entre personas con gran percepción y proyección espacial, recibiendo, a su vez, un intensivo entrenamiento, tanto en simuladores de Torre de Control, Control de Aproximación, Control de Área y Radar, como también como pilotos, en Simuladores de

---

Vuelo, para profundizar sus conocimientos de vuelo por instrumentos, en los cursos básico e intermedio, de Control de Tránsito Aéreo.

Para mantener la seguridad en cuanto a separación entre aeronaves, los ATC aplican normas dispuestas y recomendaciones entregadas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), Federal Aviation Administration (FAA) y demás autoridades aeronáuticas de cada país. El controlador de turno, es responsable de las aeronaves que vuelan en un área tridimensional del espacio aéreo conocido como área de control, área de control terminal, aerovía, etc. Cada controlador ha de coordinarse con los controladores de sectores adyacentes para planificar las condiciones en que una aeronave ingresará en su área de responsabilidad, entregando dicho vuelo sin ningún tipo de conflicto respecto de otro tránsito, condición meteorológica, posición geográfica o de altitud (nivel de vuelo), siendo esto válido, tanto para vuelos nacionales como internacionales.

Los controladores trabajan en los Centros de Control de Área (ACC), en la Torre de Control (TWR), o la Oficina de Control de Aproximación (APP), donde disponen de varios sistemas electrónicos y de computación, que les ayudan en el control y gestión del tráfico, como el Radar (RDR), (Radio Detection and Ranging), que es un instrumento emisor/receptor de ondas de altísima frecuencia, el cual detecta los objetos que vuelan dentro de su espacio aéreo y a través de programas computacionales, los presenta en las Pantallas Radar, que les facilitan la gestión y progreso de los vuelos en sus posiciones de control. Existen otros programas de asistencia, como los que ajustan las pistas disponibles, tanto para despegue como aterrizaje de aviones y el orden en que los vuelos han de despegar y aterrizar para optimizar el número de vuelos controlables.

Normalmente, el grupo de la torre de control se forma de una gran cantidad de individuos, especializados en una tarea concreta; por ejemplo, el encargado del radar, el controlador de pistas de aterrizaje y despegue (Local Control), el controlador encargado de entregar autorizaciones a las aeronaves que salen bajo reglas de vuelo por instrumentos (Clearance Delivery), el controlador encargado de autorizaciones en Calles de Rodaje (TWY) y plataforma, (Ground Control) o el supervisor general.



- 
- Tipos de controladores de tráfico aéreo.

**Controlador de autorizaciones (DEL).** Es el encargado de dar todas las autorizaciones de Plan de Vuelo a las aeronaves salientes.

- **Controlador de Tierra (GND).** Es el encargado de guiar a la aeronave "en tierra" por las calles de rodaje (TWY-Taxiway), tanto desde las puertas de embarque a la pista de aterrizaje activa, como a otras plataformas en el aeropuerto y desde la pista al aparcamiento.
- **Controlador de Torre (TWR).** Tiene al mando la pista o pistas de aterrizaje y las intersecciones; autoriza a la aeronave para aterrizar o despegar, y controla los reglas de vuelo visual o visual flight rules (VFR). Opera en el espacio conocido como ATZ con un alcance de 5 millas náuticas que equivalen a 1852c/u estatutas o terrestres, debe proporcionar información sobre meteorología adversa, trabajos que afecten la pista y otros tales como bandadas de aves.
- **Controlador de Aproximación (APP).** Controla el espacio aéreo, CTR le da prioridades a los vuelos IFR (Instrument flight rules) o reglas de vuelo por instrumentos, alrededor de las 5 millas hasta el límite propio de su espacio pudiendo ser de 10, 20 o 40 millas según el caso y FL 195 de altura (FL= Flight Level). Maneja los tráficos que salen y llegan a uno o más aeropuertos. En las salidas, éste los transfiere al controlador de centro (ACC) antes de alcanzar el límite de su espacio aéreo tanto en extensión como en altura. En las llegadas, el controlador de APP transfiere a las aeronaves a TWR cuándo van a aproximarse para aterrizar. Puede trabajar o bien con un radar, o bien mediante horas estimadas y fichas de progreso de vuelo.
- **Controlador de Ruta o Área (ACC).** Controla el resto del espacio aéreo. Los límites entre aproximación y ruta se establecen entre los centros de control mediante cartas de acuerdo. En líneas generales, el controlador de ruta o área, controla los tráficos

---

establecidos a un nivel de vuelo y el controlador de aproximación los tráfico en evolución, tanto en ascenso para el nivel de vuelo idóneo como en descenso para aterrizar en el aeropuerto de destino.

- Tecnologías

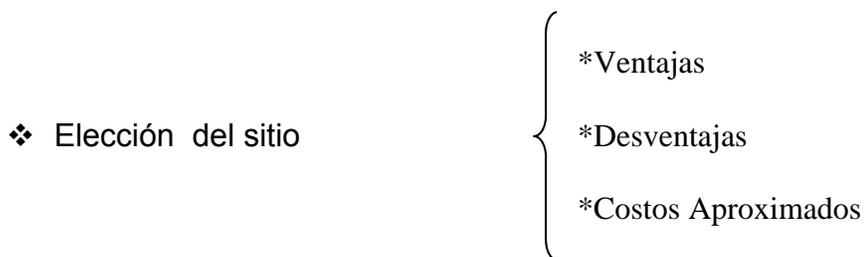
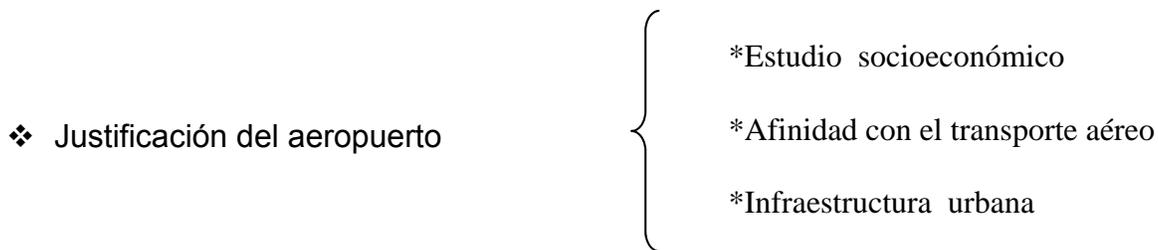
CNS/ATM (Communication Navigation Surveillance / Air Traffic Management, Comunicación, Navegación, Vigilancia / Gestión del Tráfico Aéreo) son unos sistemas de comunicación, navegación y vigilancia que emplean tecnologías digitales, incluyendo sistemas de satélites junto con diversos niveles de automatización, aplicados como apoyo de un sistema imperceptible de gestión del tráfico aéreo global.

Nació como una solución para ser adoptada en todos los países y líneas aéreas del mundo, que tendrían los mismos sistemas de navegación y comunicación por satélite (Comunicación, navegación, vigilancia y gestión del tráfico aéreo) como una solución para ser adoptada en todos los países y líneas aéreas del mundo, que tendrían los mismos sistemas de navegación y comunicación por satélite

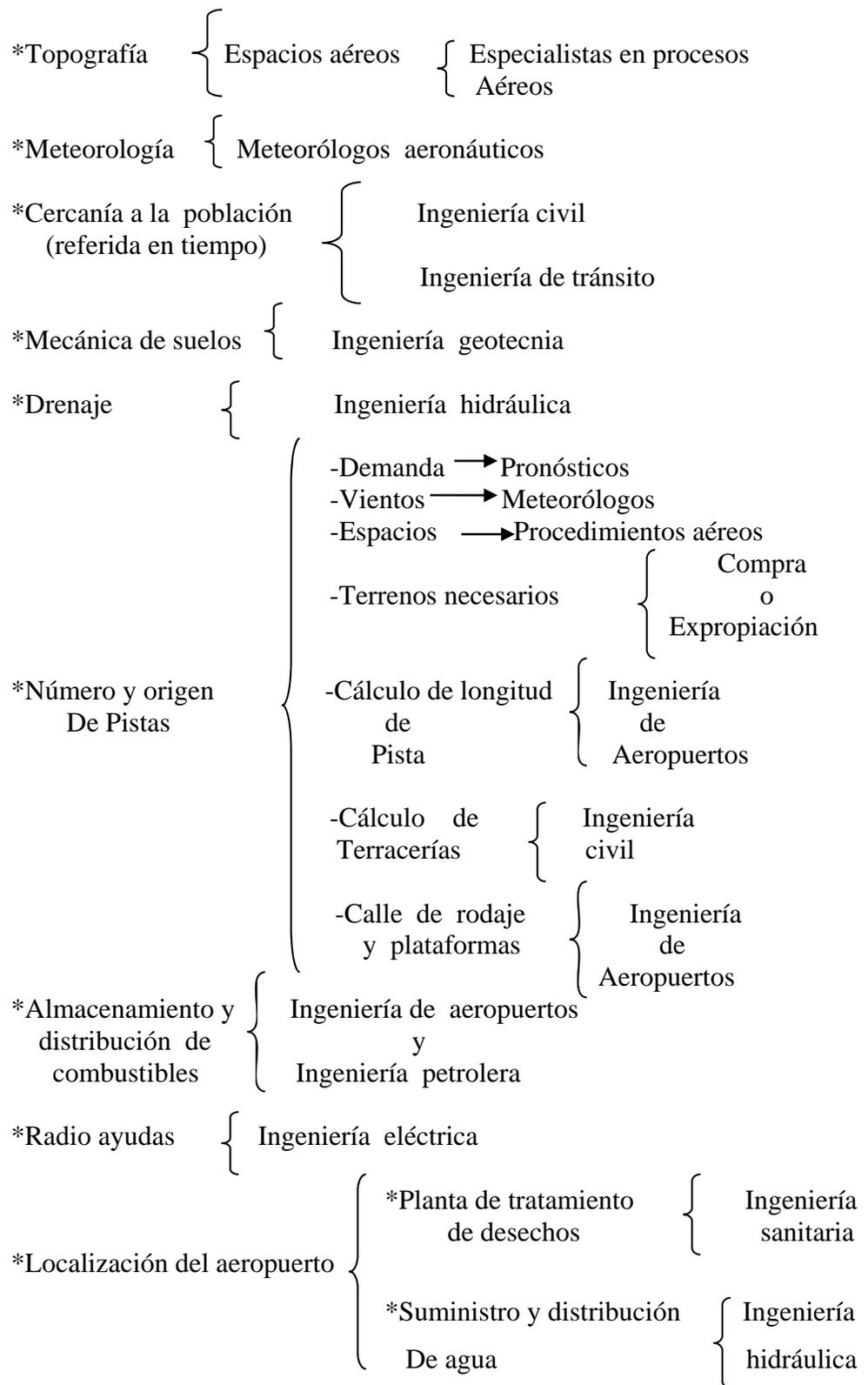
---

## 1.4 PROCESOS DE PLANEACIÓN PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE AEROPUERTOS.

Un aeropuerto se integra de muchos elementos, los cuales no son ni de fácil diseño ni de fácil construcción. Para que un aeropuerto se pueda materializar se requiere de varios estudios y un grupo interdisciplinario de profesionales especializados en la planeación, construcción y operación de aeropuertos como se describirá enseguida.



❖ Localización del Aeropuerto



---

## 1.5 INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA EN MÉXICO

El sistema aeroportuario nacional se conforma en la actualidad por 85 aeropuertos, 59 de ellos son internacionales y 26 nacionales (Figura 27). Asimismo, existen 1,344 aeródromos. Del total de aeropuertos, 34 están concesionados al sector privado, 19 están a cargo de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) (Tabla 6) y cuatro en sociedad con gobiernos estatales y el sector privado (figura 26). El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) opera independiente y los restantes 26 están a cargo de gobiernos estatales o municipales, o bien son militares o privados.

Los 35 aeropuertos más importantes, por concentrar más del 95 por ciento de los pasajeros y más del 85 por ciento de las operaciones, están a cargo de cuatro grupos concesionarios: Grupo Aeroportuario de la Ciudad de México (1), Grupo Centro-Norte (13), Grupo Pacífico (12), y Grupo Sureste (9). De ellos, destaca el AICM, que en 2012 registró un movimiento de 29.4 millones de pasajeros y 2,000,200 mil operaciones como se indica en la figura 26, lo que representa una participación de 34 por ciento en el movimiento total de pasajeros y lo sitúa como el aeropuerto con mayor movimiento de América Latina.

El Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 estableció que para el 2012 se haya ampliado la infraestructura aeroportuaria instalada como se muestra en la figura 28, a fin de hacer frente a la creciente demanda de operaciones y servicios, así como desarrollar nuevos proyectos aeroportuarios vinculados con el desarrollo regional, turístico y comercial de las diferentes regiones del país, para atender a diversas regiones que padecen de problemas de insuficiencia de estos servicios.

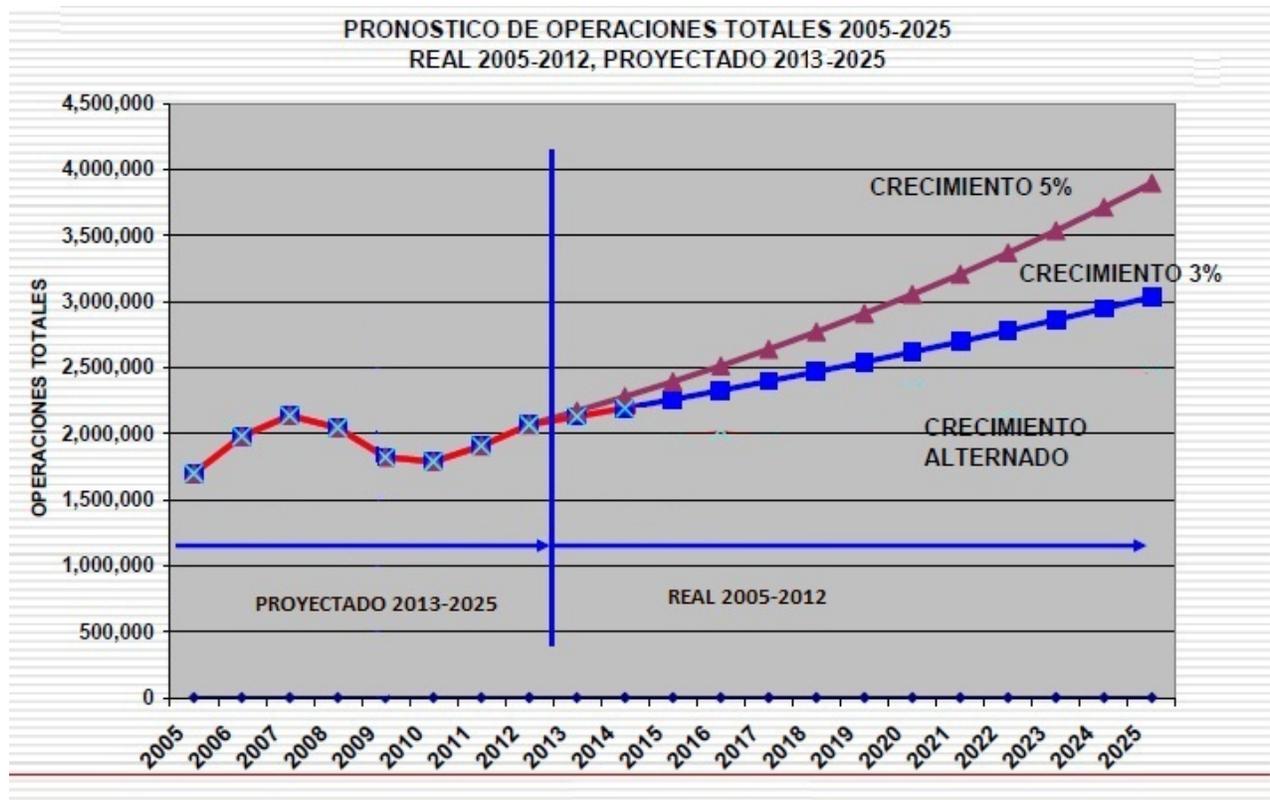


Figura 26: Pronostico de operaciones 2005-2025, (INEGI)

Las alternativas propuestas en el último PND se contempló dar solución definitiva al crecimiento de largo plazo de la demanda de servicios aeroportuarios en el Valle de México y centro del país y que en los siguientes años habrá que consolidar la reorganización del mercado de transporte aéreo, como resultado del ingreso al mercado de empresas de bajo costo y alta eficiencia, para alentar una competencia sana y abierta y generar un mejor servicio para los usuarios.

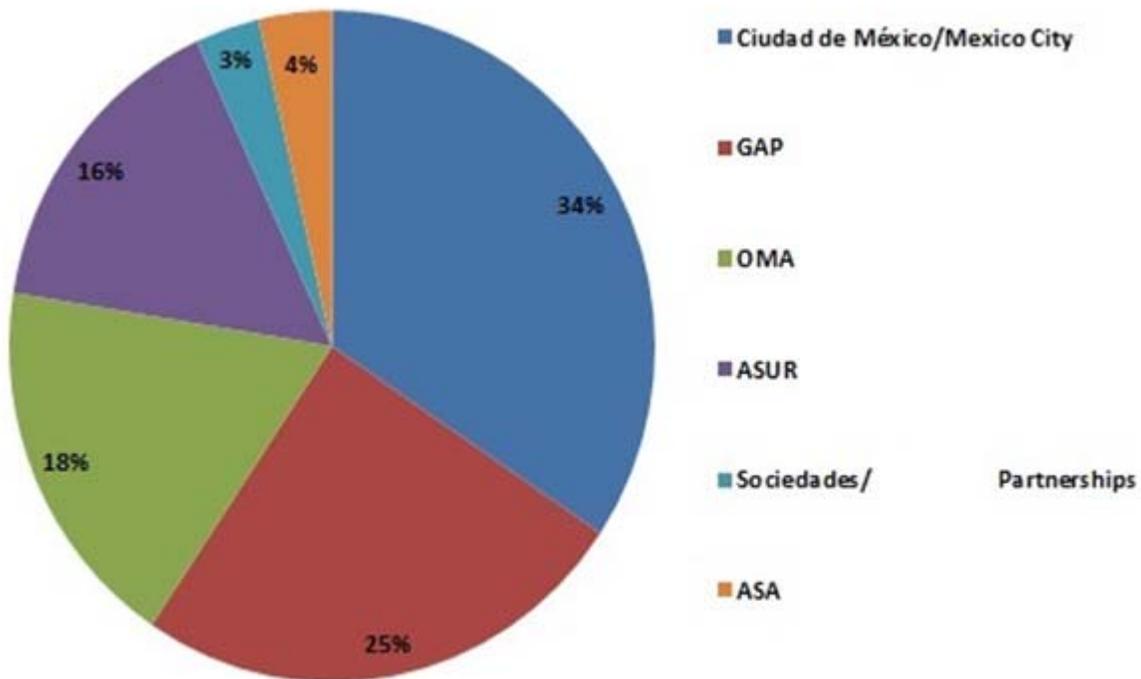


Figura 27. Participación de mercadeo por grupo aeroportuario 2013, en millones de pasajeros, (INEGI)

Hoy día como parte del programa Sectorial de la SCT. Aeropuertos y Servicios Auxiliares está incursionando en el mercado internacional en materia de operación, diseño y construcción de terminales aéreas.

Actualmente ASA, está manejando algunos proyectos que pudieran cristalizarse en los próximos meses en la India. En particular hay dos aeropuertos medianos en los que se encuentra interactuando con las autoridades de ese país y otros participantes, ante la posibilidad de formar un consorcio.

También se estudia otro proyecto relacionado con la ampliación del aeropuerto de Medellín, Colombia, así como uno en Irlanda, donde se pudieran desprender algunas líneas de negocio para el organismo público descentralizado de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).



Figura 28. Infraestructura aeroportuaria en México en 2013, (ASA)

Otro proyecto en puerta es el requerimiento de información de algunos operadores de aeropuertos en República Dominicana, quienes también pudieran contratar los servicios de ASA para distribución de combustible.

En cuanto a los proyectos que están en marcha en nuestro país está el aeropuerto de la Riviera Maya “tiene plena vigencia”.

Este es un proyecto que tiene suficiente fortaleza debido a que existe demanda; hay pasajeros que quieren volar a ese destino.

Tabla 6. Administración de la red aeroportuaria nacional, (ASA)

<b>A CARGO O PROPIEDAD DE:</b>	<b>NÚMERO DE AEROPUERTOS</b>
Concesionados al sector privado	34
AICM	1
ASA	19
ASA en sociedad con gobierno estatal y sector privado	4
Estatales, municipales, militares y privados	26
<b>TOTAL</b>	<b>85</b>

El aeropuerto de la Riviera Maya tendrá una inversión inicial de tres mil millones de pesos, será el primero que se construirá bajo el esquema de concesión en un área de mil 500 hectáreas, dentro de las cuales se contempla una vía de acceso a la terminal de seis kilómetros, como un ramal de la carretera Tulúm-Cobá.

La construcción contempla calles de rodaje, plataforma, áreas operativas, estación de combustibles y torre de control, entre otras obras. Contará además con instalaciones con tecnologías de punta, y tendrá capacidad de recibir vuelos continentales e intercontinentales.

Durante la primera etapa atenderá hasta tres millones de pasajeros al año, con lo que se prevé superar los servicios proporcionados por aeropuertos como el de Puerto Vallarta, Toluca o el de San José del Cabo.

Otro de los proyectos que se encuentran en marcha es el aeropuerto de Palenque. Este proyecto inicialmente tenía prevista la ampliación, sin embargo, por la complejidad de la obra, se determinó construir un nuevo aeropuerto en la región.

A principios del año 2009, se hicieron estudios para ampliar el actual aeropuerto de esa población chiapaneca, pero se concluyó que no tenía posibilidades de crecimiento por las limitantes del terreno y que era más barato construir uno nuevo.

---

La empresa que ya opera la terminal aérea de Tuxtla Gutiérrez, donde el gobierno estatal tiene 51 por ciento y ASA 49 por ciento, será la misma que construya y opere el nuevo aeropuerto en Palenque (figura 29).



Figura 29. Construcción del nuevo aeropuerto de palenque, (Gobierno de Chiapas)

Para esta obra el gobierno federal aportará aproximadamente 900 millones de pesos y el estado proporcionará el terreno.

Este proyecto dará a esa zona una perspectiva de crecimiento aeronáutico mucho mayor que la que tiene ahora. Ha habido intención de algunas líneas aéreas de volar a ese destino, para llevar turistas a la zona arqueológica de Palenque, pero no caben los aviones. Hay turismo europeo interesado en la arqueología del lugar, pero el actual aeropuerto no acepta ni siquiera aviones medianos.

La infraestructura de este aeropuerto, consiste en una casa de máquinas, la construcción de una torre de control, un edificio anexo, terminal de pasajeros, una pista, rodaje, plataforma, obras de protección hidráulica y drenaje.

El aeropuerto internacional de Palenque va a generar que, quienes visitan Tabasco y luego llegan a Chiapas, a partir de esta magna obra, lo hagan directamente hacia la Selva Lacandona. Servirá para reactivar la economía regional en el sureste de México, hay una

---

cercanía entre Chiapas, Tabasco, Campeche y Yucatán, por lo que se tendrán que generar nuevos productos turísticos en la zona

Este aeropuerto abrirá un gran potencial de oportunidades a la región por lo que los prestadores de servicios turísticos de la zona tendrán que aprovechar las potencialidades, para generar mejor infraestructura, principalmente hotelería.

Un proyecto que fue contemplado por el pasado PND 2007-2012 y el Programa Sectorial de la SCT 2007-2012, que fue finalizado en el 2009 es el aeropuerto de Puerto Peñasco.

Este aeropuerto se contempló como parte del proyecto turístico Escalera Náutica del Mar de Cortés.

Con una inversión de 450 millones de pesos, a cargo del Grupo Mayan Palace, la remodelación de la terminal aérea, que tiene una superficie de mil 600 hectáreas, cuenta con una pista de 2.5 kilómetros de largo y 45 metros de ancho; tiene plataformas para tres aviones comerciales, Figura 30.

La pista del aeropuerto, que no había sido remodelada desde 1973, cuando se construyeron la actual y una terminal de tamaño modesto, está habilitada ahora para recibir aviones 737, los de mayor capacidad de pasajeros, o aviones de carga de gran tamaño.

La construcción y concesión del aeropuerto la ganó el Grupo Mayan Resort desde 2007, cuando se firmó el contrato entre este consorcio del sector turístico y el gobierno del estado de Sonora. Así, el aeropuerto Mar de Cortés, como también se le conoce, es propiedad mayoritaria del gobierno del estado, pero operará bajo un esquema de concesión a 20 años a la cadena Mayan.

El aeropuerto forma parte importante del proyecto turístico de la Escalera Náutica, que tiene como objetivo atraer no sólo turistas de Arizona, California, Texas y Nuevo México, en Estados Unidos, que son los clientes preferidos de Puerto Peñasco por su cercanía, sino viajeros de todo el mundo para hacer rentable dicho proyecto. Se prevé también desarrollar un lago de 30 hectáreas alrededor del aeropuerto, el cual sería el primero en el mundo que estaría en una base aeronáutica.





Figura 30. Aeropuerto del mar de Cortes, (Gobierno del estado de Sonora)

Según estimaciones del Grupo Mayan, el proyecto turístico en conjunto podría tardar al menos diez años para obtener una buena demanda de turistas, pero se apuesta a una fuerte y permanente campaña de promoción. Con las nuevas remodelaciones, la terminal aérea podría recibir 300 mil pasajeros al año.

La inversión del Grupo Mayan incluye la construcción de un estacionamiento público, de la terminal del Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios, el cercado perimetral, señalamiento vertical y horizontal, además de los espacios comerciales dentro de las salas de espera.

El proyecto Escalera Náutica del Mar de Cortés en Puerto Peñasco servirá de punto de atraque y abasto de yates, en especial estadounidenses

### 1.5.1 RED DE DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLES ASA

Aeropuertos y Servicios Auxiliares es el encargado de realizar la venta y suministro de combustibles de aviación en 63 aeropuertos del país. Son operados en forma exclusiva por dicho organismo

En cada uno de estos aeropuertos, el combustible de aviación es suministrado a través vehículos de servicio (autotanques - carros cisternas - y dispensadores de combustible) operados por Técnicos en Combustible de Aviación. Por cada solicitud, un vehículo de servicio se desplaza al lugar donde se ubica la aeronave, y le suministra combustible.

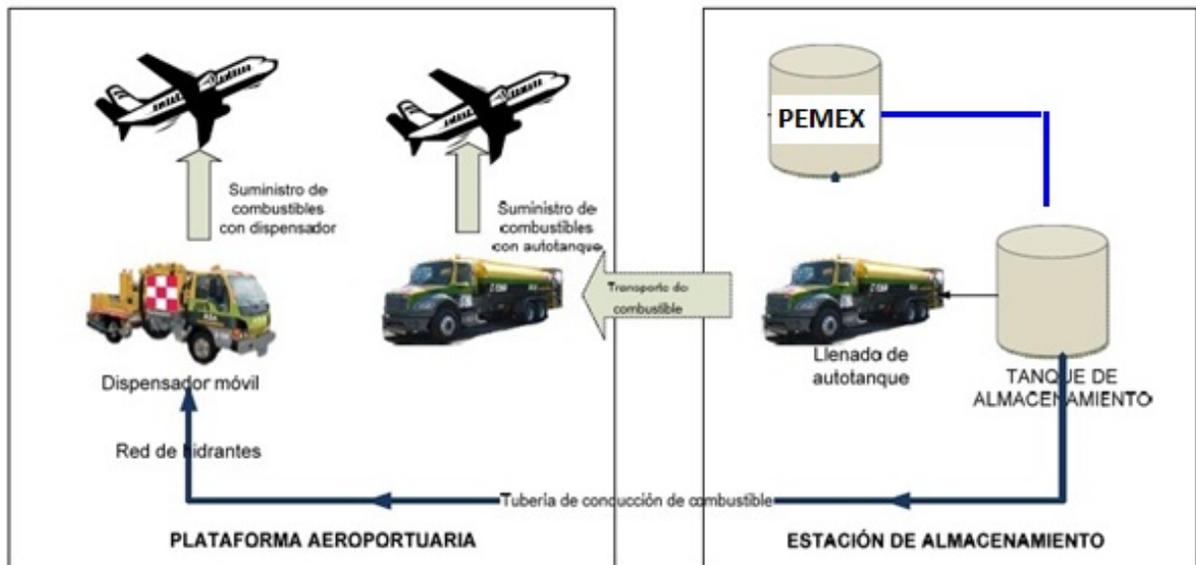


Figura 31. Modelo general de suministro de combustible en plataforma, (ASA)

Si existe una toma de combustible en la plataforma (una red de hidrantes) el suministro se realiza a través de dispensadores.

Si no existe una toma de combustible, o no es posible utilizarla, el servicio se realiza con auto tanques, Figura 31.

---

Todos los vehículos cuentan con un medidor y un registro (mecánico o electrónico) en donde se van contabilizando los litros que se van suministrando al avión.

Cada vez que se realiza un suministro, se sigue el siguiente proceso. Figura. 32:

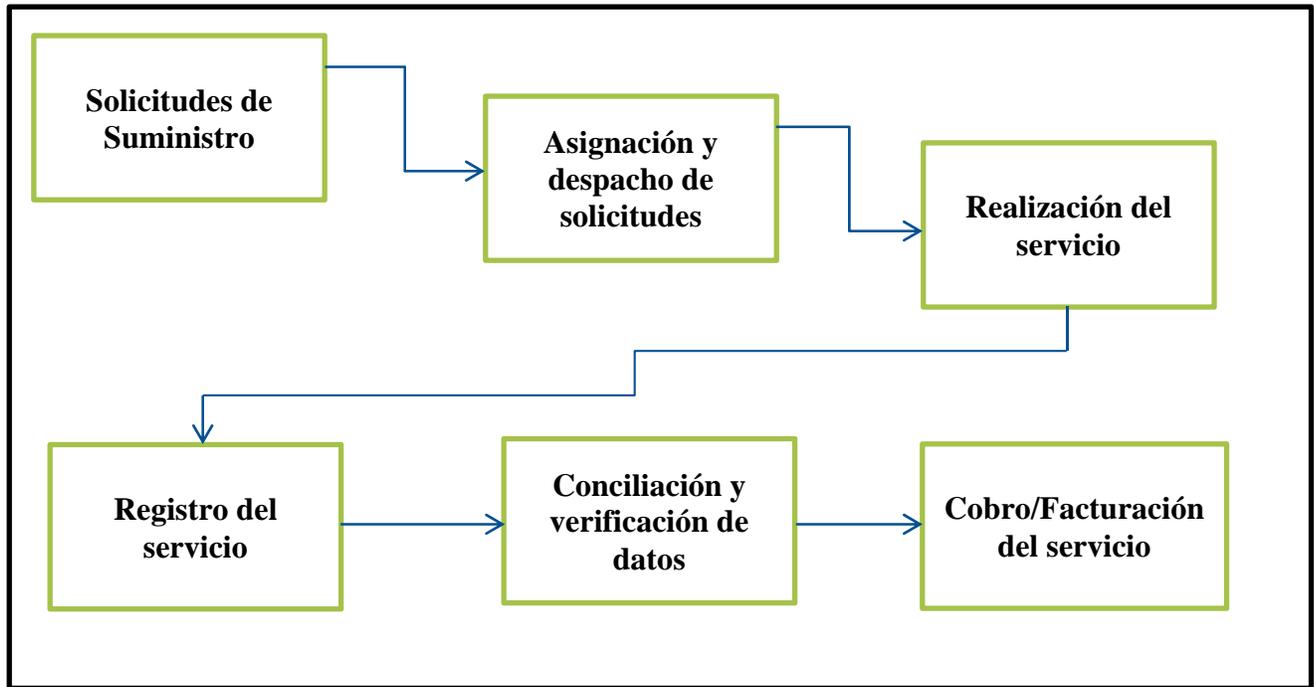


Figura 32. Modelo de proceso de suministro, (Red de combustibles ASA)

ASA combustibles tiene una demanda de 11.5 millones de litros de turbosina y gas avión al día lo que equivale a un promedio de 2300 servicios en los 63 puntos donde se suministra combustible (Tabla 7).

---

Los aeropuertos que más servicios tienen son las siguientes:

Tabla 7. Numero de servicios ASA combustibles, (Red de combustibles ASA)

<b>AEROPUERTO SERVICIOS</b>	
<b>MEX</b>	513
<b>GDL</b>	195
<b>MTY</b>	169
<b>CUN</b>	157
<b>TLC</b>	111
<b>TIJ</b>	69
<b>HMO</b>	57
<b>PVR</b>	53
<b>CUL</b>	53
<b>SJD</b>	51
<b>MID</b>	42
<b>CME</b>	39
<b>VSA</b>	35
<b>BJX</b>	36
<b>MZT</b>	34

Los servicios son realizados en diversas áreas ubicadas dentro de la plataforma, como son: posiciones de contacto, hangares, zona de aviación privada, helicópteros, etc.

ASA combustibles modernizo y actualizo en los últimos años los sistemas de suministro en las 6 estaciones de mayor movimiento: México, Cancún, Guadalajara, Monterrey, Tijuana y Puerto Vallarta, pues en ellas se maneja el 72 por ciento del total del combustible a nivel nacional.

---

Sin embargo, en la mayoría del resto de la red nacional de estaciones (Figura 33), aún prevalecen importantes rezagos en instalaciones, equipos y sistemas, así como en mantenimiento preventivo y correctivo, lo cual exige de mayores recursos presupuestales.

### Red de Combustibles ASA



Figura. 33 Red de ASA combustibles

---

## 1.6 PROBLEMÁTICA DE LA INDUSTRIA E INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA MEXICANA.

Cuando iniciaron la desregulación y la privatización de la industria aérea en México, a finales de la década de los ochenta y principios de los noventa, se pensó que la incorporación del sector privado como grupos administradores y aerolíneas revitalizarían la industria al permitir el acceso de capital privado fresco y “nuevas prácticas gerenciales”. La lógica era que, en la medida en que cada aeropuerto y aerolínea estuviera en búsqueda de la eficiencia y rentabilidad, se generaría un proceso de competencia vigoroso que redundaría en mejores precios para los consumidores

Después de 20 años, podemos decir que los resultados no necesariamente se han apegado a tal predicción. En el caso de las aerolíneas se debe, a varios factores entre ellos a que la desregulación no estuvo acompañada de cambios en los esquemas laborales que reflejaran las nuevas condiciones competitivas. Así, es muy probable que las aerolíneas como Aeromexico y Mexicana (aerolíneas bandera), independientemente de su condición de empresas públicas o privadas, encararan altos costos laborales en comparación con aerolíneas de otros países. Por ejemplo, en 2004, los sueldos, salarios y prestaciones de todos los empleados de CINTRA (empresa controladora en ese entonces de Mexicana, Aeroméxico y sus subsidiarias) representaron 29% de sus ingresos totales, porcentaje significativamente superior al 13% de Copa Holdings de Panamá y el 14% de LAN Airlines de Chile.

En relación a las tarifas del sector de líneas aéreas, se puede inferir que, en efecto, los precios del transporte aéreo han disminuido en el mercado doméstico en la última década.

De acuerdo a estos estudios, el principal factor que ha contribuido a esta disminución ha sido el incremento en la competencia gracias a la expansión de las aerolíneas regionales y la entrada de las aéreas de bajo costo (ABC's). Sin embargo, factores como la concentración a nivel de ruta o la saturación en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de

México (AICM) han actuado en sentido contrario, es decir, han reducido significativamente la disputabilidad del mercado.

En la Tabla 8 se destacan dos períodos de rentabilidad negativa: 1989 a 1994 y 2001 a 2005. El primero posiblemente resultado del incremento en la competencia por la entrada de Taesa y Saro (aerolíneas tipo ABC's) y el segundo por la caída en la actividad económica, los atentados terroristas de 2001 y la competencia de Aviacsa y Aerocalifornia. En contraste sobresale el periodo 1995 – 2000, cuando las aerolíneas bandera (Aeromexico y Mexicana) tuvieron una rentabilidad superior al estándar internacional, entre otras razones, porque enfrentaron condiciones de competencia limitadas en el mercado doméstico e internacional.

Tabla 8. Margen de ganancia operaciones aerolíneas bandera(Planeación de aeropuertos y desarrollo de infraestructura-SCT)

Periodo	Aeroméxico	Mexicana	Otras aerolíneas
1973-1988	-3%	8%	¿?
1989-2005	1%	0%	¿?
1989-1994	-1%	-6%	¿?
1995-2000	6%	7%	¿?
2001-2005	-4%	-2%	¿?
2006-2009	¿?	¿?	¿?

Fuente: OACI.

En cuanto a la rentabilidad del periodo 2006 – 2009, no es posible definirla pues, las aerolíneas bandera dejaron de cotizar en la BMV. Sin embargo el ,motivo del cese de las operaciones de Mexicana se debe a que su rentabilidad fue en el mejor de los casos marginal. La mayor competencia interna generó que las aerolíneas bandera buscaran mayor presencia en rutas internacionales de larga distancia, donde las ABC's por definición no están diseñadas para competir.



---

En una decisión poco comprensible en términos de rentabilidad, ambas aerolíneas entraron en rutas que ya atendía la otra aerolínea bandera. Al final terminaron en mercados más competidos interna y externamente que, dado el contexto de la crisis mundial y la crisis sanitaria de 2009, muy probablemente erosionaron su salud financiera. Algunas fuentes periodísticas sugieren que, para 2010, la rentabilidad de la mayoría de las aerolíneas mexicanas está por debajo de sus pares internacionales.

Cabe señalar que la baja rentabilidad no es un fenómeno único de las aerolíneas bandera; también aerolíneas regionales y ABC's experimentaron baja rentabilidad al punto que tuvieron que salir del mercado. A partir de la desregulación de la industria en 1989, seis aerolíneas de bajo costo y diez regionales entraron a la industria, mientras que siete aerolíneas de bajo costo y dieciséis regionales salieron.

Recientemente, la Administración de Aviación Federal de los Estados Unidos (FAA por sus siglas en inglés) degradó a México por no cumplir con el estándar IASA. Cabe señalar que este estándar, además de ser un instrumento de regulación de seguridad, también tiene implicaciones económicas. De hecho la degradación de México de la categoría 1 a 2 implica que ninguna aerolínea mexicana puede establecer un nuevo servicio (rutas o frecuencias) hacia los Estados Unidos. En otras palabras, el crecimiento de las aerolíneas mexicanas hacia los Estados Unidos está vedado en este momento.

Por otro lado, el mercado experimentó un fuerte cambio en su estructura industrial, un incrementó en su eficiencia vía nuevas aerolíneas, una expansión de su capacidad aeroportuaria y una mejora en sus condiciones de competencia. Por un lado, pasó de un mercado doméstico fuertemente concentrado, protegido y comandado por las aerolíneas bandera a un mercado desconcentrado y con altos niveles de competencia gracias a la entrada de las ABC's. Por el otro, en el mercado internacional, las aerolíneas bandera se enfrascaron en una competencia directa en algunas rutas y fueron incapaces de competir con las internacionales, por lo que terminaron por ceder participación de mercado.



---

Si nos concentramos en las aerolíneas bandera podemos decir que éstas ejecutaron decisiones estratégicas como la apertura de ciertas rutas internacionales que, a la par de su incapacidad de corregir su estructura de costos y el dinámico contexto nacional e internacional, contribuyeron al deterioro de su rentabilidad y al incremento en la fragilidad de la industria.

Con base en lo analizado hasta ahora queda claro que el crecimiento y la eficiencia del sector aéreo en México depende en buena medida del crecimiento de la economía mexicana, la expansión de la infraestructura, los modelos de negocio sólidos y los acuerdos al interior de las aerolíneas. Sin embargo, adicionalmente a los factores antes mencionados, la participación más activa y eficaz del órgano regulador es indispensable para el desarrollo de políticas públicas que traten de minimizar las fallas de mercado y las fallas de gobierno que subsisten en el sector y que promuevan comportamientos en pro de la seguridad y la eficiencia.

La principal problemática del sistema aeroportuario aparte de las líneas aéreas continúa siendo la enorme demanda de servicios a atender en el centro del país, particularmente en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, lo que ha tenido como respuesta su ampliación a máxima capacidad y la construcción de la nueva terminal de pasajeros T2, así como la ampliación del aeropuerto de Toluca. Sin embargo, se requiere atender el problema de insuficiencia de servicios aeroportuarios en el Valle de México instrumentando una solución a largo plazo.

El crecimiento en el tráfico aéreo de este aeropuerto en los últimos años ha generado que a partir de 2005, el AICM se haya declarado en condiciones de saturación. Esto significa que la demanda de las aerolíneas había rebasado los 54 slots por hora disponibles en el AICM o que el edificio terminal había rebasado el número máximo de pasajeros que puede atender por hora en más de 25 ocasiones en el año.

Cuando se amplió el AICM con la terminal 2 el número de slots subió a 62. Sin embargo, hoy día siguen siendo necesarias decisiones en el corto y largo plazo para resolver esta

---

situación. Ya que nuevamente el AICM ya llegó a su tope de operaciones, realizando 70 operaciones por minuto.

En relación a esta situación, los precios de las rutas domésticas que operan en el AICM son entre 40% y 80% más altos en comparación de aquellas rutas que no usan esta terminal y que esta diferencia está asociada fuertemente a la saturación de este aeropuerto.

Contrario a los problemas derivados de la saturación en el AICM, el Aeropuerto Internacional de Toluca (AIT) ha sido una válvula de escape para el crecimiento del mercado y la baja en las tarifas aéreas. En los últimos años, el AIT amplió la infraestructura terrestre e instaló un sistema de ayuda a la navegación para incrementar la seguridad durante los despegues y aterrizajes. Con estos cambios, el AIT pasó de 138 mil pasajeros en 2005 a más de millón y medio en 2013

A pesar del incremento en la capacidad del AIT, el acceso a los slots en el AICM sigue siendo crucial para atender la demanda de transporte aéreo en el centro del país, pues estos aeropuertos no son sustitutos perfectos para los consumidores. Muestra de ello es que, ante la salida de Aerocalifornia, Interjet pudo acceder a los slots que tenía esta empresa y movió la mayoría de sus operaciones del AIT al AICM.

Por lo que se refiere a la red regional a cargo de ASA, existe la problemática de mantener en operación aeropuertos deficitarios pero que resultan necesarios para apoyar el desarrollo regional del país. Cabe señalar que imperan rezagos importantes en la mayoría de las estaciones de combustibles, además de que debido a la estructura tarifaria actual, la mayoría son deficitarias. Por otra parte se presenta inseguridad en la tenencia de la tierra para la ampliación y crecimiento de instalaciones de los aeropuertos existentes y hay poco interés de la iniciativa privada en participar en alianzas estratégicas con gobiernos estatales.

En lo relativo a la infraestructura y el equipamiento para la navegación y el control de tráfico aéreo y a fin de homologar la calidad del servicio con la de Estados Unidos de América



---

y Canadá y dar cumplimiento al programa CNS/ATN, es necesario complementar y actualizar la infraestructura que apoya los servicios de tránsito aéreo con radares modernos de tecnología monopulso, así como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), con las estaciones de tierra necesarias para cubrir el espacio aéreo superior e inferior en su totalidad. Por otra parte, para incrementar la competitividad de la industria aérea es indispensable fortalecer la función reguladora de la autoridad aeronáutica (Dirección General de Aeronáutica Civil), a fin de que ésta pueda garantizar estándares de calidad y seguridad en los servicios, así como la sana convivencia entre concesionarios aeroportuarios y proveedores de servicios aéreos.

En adición a ello, falta desarrollar y actualizar la regulación aeronáutica de acuerdo a las recomendaciones emitidas por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), a fin de contar con un marco jurídico que apoye el desarrollo tecnológico de la industria.

---

## 2.- PLANEACIÓN PARA UN BUEN FUNCIONAMIENTO AEROPORTUARIO

La industria del transporte aéreo en nuestro país es una industria compleja pues involucra la participación de agentes económicos cuyo marco de planeación es significativo y distinto.

En un ejercicio de sobre simplificación podemos decir que para los consumidores la planeación es un marco de corto plazo, pues independiente del motivo del viaje (negocios o placer), el intervalo de tiempo para comprar no sobrepasa unos cuantos meses antes de la salida del vuelo. En cambio, para los aeropuertos, su marco de planeación es de corto plazo si se trata de, entre otras cosas, fijar tarifas que le ofrecen al público, mientras que es de largo plazo (años) respecto a la planeación de las instalaciones, proyectos de ingeniería básica, ingeniería de detalle, proyección de la demanda, selección del modelo de negocio o la tecnología para llevar a cabo actividades de apoyo.

La combinación de estos marcos de planeación genera una gran tensión para las empresas que administran aeropuertos y para las aerolíneas, ya que antes que los consumidores realicen su compra, las empresas antes mencionadas incurren en costos para ofrecer un cierta combinación de capacidad, calidad y precio

Así, existen muchos factores dentro del proceso de la planeación que afectan la rentabilidad. A grosso modo, podemos decir que por un lado está su estructura de costos: laboral, mantenimiento, arrendamiento o compra vehículos, aeronaves y la infraestructura para suministrar combustible etc, y por el otro, que los ingresos resultantes de ofrecer estos servicios, sean rentables para el inversionista ya sea público o privado.

A la compleja interacción entre consumidores, aeropuertos y aerolíneas, se suma la participación del gobierno, quien trata de dilucidar las “mejores reglas” para que se den los intercambios entre estos grupos. Partiendo del supuesto de que el gobierno busca el interés público (beneficios para consumidores, empresas, proveedores, etc.), fija normas que buscan inducir un cierto tipo de conducta en las aerolíneas, los aeropuertos y los

---

consumidores. Por ejemplo, el gobierno puede fijar estándares mínimos de seguridad sin los cuales no pueden operar los aeropuertos.

Cuando se inicia el proceso de planeación se tendrá que partir del concepto de que hoy día no se construye solo un aeropuerto, sino una ciudad-aeropuerto. Esto es un proyecto tan ambicioso como la revitalización de cualquier estación central, o incluso más atrevido. Sin embargo, la planificación aeroportuaria y, por lo tanto, la planificación de una ciudad aeropuerto no es una tarea de planificación normal, sino que resulta especialmente difícil porque todo está cambiando constantemente. El aeropuerto se somete a un continuo proceso de transformación y el desarrollo de la plataforma y de sus inmediaciones es extraordinariamente dinámico. Además, la planificación aeroportuaria se enfrenta a la grave desventaja que supone tener unos límites territoriales inadecuados.

La planificación de aeropuertos se ve complicada por la diversidad de instalaciones y servicios necesarios para el movimiento de aeronaves, pasajeros y mercancías, así como de los vehículos terrestres con ellos relacionados, y la necesidad de integrar su planificación. Entre estas instalaciones se incluyen las pistas y calles de rodaje, plataformas para aeronaves, edificios en los que los explotadores de aeronaves entregan y reciben pasajeros y donde las autoridades gubernamentales de control realizan sus inspecciones, e instalaciones proporcionadas para la comodidad de los pasajeros. Son necesidades adicionales, los edificios y zonas de estacionamiento para mantenimiento de aeronaves, los caminos y estacionamiento para vehículos utilizados por pasajeros, visitantes, explotadores de aeronaves y todos los ocupantes del aeropuerto, y los edificios para el despacho y recepción de las mercancías transportadas por vía aérea. En el funcionamiento de un aeropuerto intervienen esencialmente las funciones de muchas de estas instalaciones, y, por lo tanto, no deberían planearse como elementos por separado.

Las plataformas para aeronaves (sub capítulo 1.3.2.3) tienen que estar integradas funcionalmente con los edificios con los que están relacionadas. De igual manera, los estacionamientos para vehículos necesitan estar relacionados con las actividades de las personas que los utilizan y con los edificios que éstas ocupan.



---

La planificación de la ciudad aeropuerto se aleja de un modelo de planificación puramente técnico para incluir aspectos de un proceso de planificación urbanística y social. Los planes de infraestructuras tradicionales ya no son suficientes para organizar y manejar la compleja estructura del aeropuerto. La planificación aeroportuaria es algo muy complejo, porque deben satisfacerse las demandas de un programa doble y de una realidad dividida. Se trata de alcanzar un delicado equilibrio entre intereses opuestos: proporcionar un margen de maniobra para la infraestructura del aeropuerto y aprovechar las oportunidades de desarrollo relacionado con la aviación que surgen en torno al nodo de intercambio. En el centro de una ciudad aeropuerto se halla un aeropuerto con todos sus problemas y todas sus necesarias medidas de seguridad.

Para que un aeropuerto tenga un buen funcionamiento se debe planear de tal manera que cuando el proyecto aeroportuario sea operado pueda ser competitivo, alcanzando estándares internacionales tanto en su infraestructura, como en sus servicios y que tenga la capacidad de consolidar la industria aérea nacional e internacional a través de la convivencia armónica entre aerolíneas tradicionales y las de bajo costo, manteniendo altos estándares de seguridad, eficiencia y calidad.

Las etapas de planificación de un aeropuerto se desarrollan en tres niveles que son:

- ⊕ Nivel 1: Detección de necesidades.
- ⊕ Nivel 2: Determinación de la ubicación de las nuevas instalaciones.
- ⊕ Nivel 3: Desarrollo del Plan Maestro.

---

## 2.1 DETECCIÓN DE NECESIDADES (ANÁLISIS DE LA DEMANDA)

Los estudios de demanda se suelen dividir en dos grandes grupos. A nivel macro o estratégico y a nivel micro o táctico. El primer grupo está enfocado al análisis y predicción de la demanda por transporte aéreo en un gran sistema, que puede estar representado por un país o región. En este caso el conjunto de aeropuertos involucrados se examina en relación a las características geográficas, económicas y de crecimiento de la región, para determinar las necesidades existentes. Por otro lado, los estudios a nivel micro están relacionados con la actividad en un aeropuerto específico, o entre un par origen-destino o ruta determinada. Así, a través de este tipo de estudios es posible identificar, por ejemplo, las necesidades de desarrollo de los diferentes equipamientos de un aeropuerto a fin de proveer niveles de servicio adecuados.

Dentro de ambos grupos existe una variedad de técnicas de predicción disponibles, que van desde el juicio subjetivo de expertos hasta sofisticados modelos matemáticos. La selección de una metodología particular estará en función del uso que se le dará a la predicción, la disponibilidad de datos para el análisis, la existencia de personal capacitado para manejar herramientas del grado de complejidad y sofisticación que se postulen los recursos disponibles, el plazo de tiempo dentro del cual se requiere la predicción, el plazo dentro del cual ésta será utilizada, y el grado de precisión deseado. Ambos tipos de enfoque tienen diferentes estructuras y se efectúan con distintos propósitos.

Existe una enorme variedad de modelos de predicción de demanda, ya que pueden establecerse diferencias de acuerdo a diversas clasificaciones. Por ejemplo modelos de corto y largo plazo, modelos agregados y desagregados, modelos globales y marginales, etc. Desde el punto de vista de este trabajo de TESIS, interesan cuatro clases de modelos que se diferencian no sólo en su estructura, sino que en el tipo de datos que requieren y en su aplicabilidad. Los modelos de regresión lineal, tienen importancia para modelar totales de viajes en base, típicamente, a variables socioeconómicas como ingreso, población y empleo.

---

Los modelos de series de tiempo son más complejos que los anteriores y por lo tanto requieren de mayor cantidad de recursos (entre otras de personal calificado para estimarlos, interpretarlos y utilizarlos en modalidad predictiva), pero permiten tratar problemas típicos de los datos en el tiempo (como la autocorrelación) que resulta en sesgos y predicciones erróneas si no se les considera en forma específica en la modelación.

El modelo más conocido y utilizado en la estimación de la demanda por transporte es el modelo gravitacional. La especificación de este modelo ha ido evolucionando en el tiempo y hoy existen técnicas sofisticadas para conseguir sacarle el máximo de provecho.

Los modelos presentados en esta tesis representan los modelos más importantes en la actualidad; estos, que se han constituido en la herramienta o enfoque más importante en los últimos años, están basados en teorías de comportamiento individual en lugar de analogías con la física, por lo que se espera que ofrecen mejores resultados. En la mayoría de las ocasiones estos modelos se utilizan para determinar la demanda marginal (por ejemplo repartición entre distintos modos en competencia) dada la demanda global. A continuación se describen estos cuatro modelos.

### 1.- Modelo de Regresión Lineal

Cuando se desea relacionar un conjunto de observaciones acerca del resultado de un experimento (Y), con la cantidad que se agregue de un cierto ingrediente (X), es natural utilizar técnicas de ajuste –como mínimos cuadrados ordinarios que entreguen una función que permita interpolar resultados dentro del rango de los datos con el menor error posible. Si no sólo interesa un ajuste mecánico de una curva, sino que la capacidad de realizar inferencias acerca de la población de la cual proviene una muestra, se pasa al área de modelación matemática e interesan conceptos como intervalos de confianza y prueba de hipótesis. El modelo de regresión lineal, en base a una serie de hipótesis que se discuten a continuación, provee este tipo de herramienta y es consistente con la solución de mínimos cuadrados ordinarios por lo que posee enorme popularidad tanto en ciencias exactas como en ciencias sociales



---

Considérese un experimento que se repite muchas veces para un valor de X fijo: si éste no es determinístico, cada vez se observarán distintos resultados. Sea  $f(Y/X)$  la distribución de probabilidad de Y para un valor dado de X: en el modelo de regresión lineal se supone que:

i) Las distribuciones  $f(y/x)$  tienen la misma varianza para todos los niveles experimentales de x.

ii) Las medidas  $E(Y) = \alpha + \beta X$ ..... (1)

Los parámetros poblacionales que definen la recta, se deben estimar a partir de una muestra

iii) Las variables aleatorias Y son estadísticamente independientes; esto, es un valor alto de Y1, no afecta el valor de Y2

La desviación de Y de su valor esperado  $E(Y)$ , se conoce como el error e; con esto el modelo anterior se escribe:

$$Y_i = \alpha + \beta X_i + e_i \dots \dots \dots (2)$$

Y se supone que e tiene media cero y varianza  $\sigma^2$ . Se supone que éste involucra tantos errores de medición en los datos sino que también errores estocásticos debido a la intrínseca irreproducibilidad de los fenómenos sociales o biológicos

Estas tres condiciones conocidas como el “conjunto débil de hipótesis” del modelo, permiten derivar la mayor parte de sus características y solo se requiere la siguiente “hipótesis fuerte” cuando se desea hacer pruebas que involucren conocer la forma de la función de distribución del estimador de.

iv) Las variables aleatorias Y tienen distribución Normal.

No hay límite para la cantidad de variables que pueden aparecer en el modelo, sujeto a que estas no estén relacionadas linealmente entre sí (multicolinealidad). El modelo dispone de abundante software computacional y una amplia batería de pruebas para detectar si se cumplen sus hipótesis y juzgar la calidad estadística tanto global como de cada uno de sus parámetros



---

## 2. Modelos de Series de Tiempo

Existe una gran variedad de modelos posibles para tratar información de tipo longitudinal. Por ejemplo, dentro de los modelos de series de tiempo, los aplicables al caso de demanda por transporte aéreo, se basan en observaciones discretas del sistema efectuadas a intervalos equidistantes de tiempo (por ejemplo volumen mensual de pasajeros). Así, si se supone conocida la demanda de pasajeros en el mes actual "t" y en los anteriores t-1, t-2, t-3. ...y se quiere conocer la demanda en el mes  $t + r$  ( $r = 1, 2, 3, \dots$ ), el objetivo es obtener una función de predicción tal que la media al cuadrado de las desviaciones entre la demanda en  $t + r$  y la predicción, sea tan pequeña como sea posible. Los modelos en cuestión son estocásticos, puesto que el tipo de fenómenos que consideran involucran muchos factores desconocidos. Por este motivo, se pueden usar para calcular la probabilidad de que un valor futuro este entre dos límites especificados. En este grupo, los más adecuados para modelar la demanda por transporte aéreo se encuentran dentro de la clase de modelos "no estacionarios", vale decir, que describen un proceso que no tiene un equilibrio en torno a un valor medio constante.

Las series de tiempo que caracterizan la demanda por transporte aéreo tienen, en general, un comportamiento de tipo estacional, es decir, existe correlación entre observaciones separadas por periodos regulares (típicamente el periodo sería en este caso de un año y habría correlación entre las observaciones en meses homólogos). El modelo recomendado para este tipo de serie es un modelo ARIMA estacional multiplicativo.

Cabe señalar que estos modelos no incluyen otras variables explicativas más que los valores históricos de la variable en estudio. Se recomienda un mínimo de 50 observaciones (aunque se recomienda usar 100 ó más) para realizar el análisis de series de tiempo. En aquellos casos en que no se encuentre disponible información histórica de esta longitud, se puede proceder utilizando la información existente para estimar un modelo preliminar que se deberá ir poniendo al día a medida que se recopile más información.

---

### 3.-Modelo Gravitacional

Este es el exponente más conocido de los popularmente llamados "modelos agregados". Su especificación original proviene de una analogía con la ley gravitacional de Newton y de allí su nombre. Básicamente el modelo propone, conocidos totales de viajes originados ( $O_i$ ) y atraídos ( $D_j$ ) por un conjunto de pares de ciudades o zonas ( $i, j$ ), que los viajes entre cada par ( $V_{ij}$ ) son directamente proporcionales a los totales anteriores e inversamente proporcionales a una función de los costos generalizados de viaje entre el par ( $i, j$ ). Esto es:  $V_{ij} = A_i B_j O_i D_j / f(C_{ij})$  [1.1] en que  $f(C_{ij})$  es una función decreciente de los costos.

$A_i$  y  $B_j$  son factores de balance que aseguran que el modelo sea internamente consistente, esto es, que cumpla las siguientes restricciones:  $O_i = \sum_j V_{ij}$  [1.2]  $D_j = \sum_i V_{ij}$  [1.3] Los costos  $C_{ij}$  toman la forma:  $C_{ij} = \gamma_1 t_{ij} + \gamma_2 t_{a,ij} + \gamma_3 c_{ij} + \gamma_4$  [1.4]

En que "t" es el tiempo de viaje en el vehículo, "ta" es el tiempo de acceso, "c" es el costo monetario (típicamente función de la distancia, en el caso de transporte privado) y los parámetros provienen de un modelo de elección discreta. Existen innumerables formas de presentar y generar el modelo. Las dos más conocidas son el método de "maximización de la entropía", que tiene la virtud de ofrecer una estrategia para generar una verdadera familia de modelos dependiendo de la información que esté disponible (incluyendo modelos simplificados sólo basados en conteos de tráfico), y el método "triproporcional", que está asociado a algoritmos de programación matemática que facilitan la tarea de calibrar el modelo.

### 4. Modelos de Elección Discreta

A diferencia de los modelos agregados de demanda que se basan en relaciones observadas para promedios o agrupaciones de individuos en zonas, los modelos desagregados o de elección discreta tienen su fundamento en las elecciones observadas de viajeros individuales. En general, postulan que:

---

"la probabilidad de que un individuo escoja una cierta opción, es una función de sus características socioeconómicas y de lo atractiva que resulte la alternativa en cuestión, en comparación a las demás".

Para representar la atractividad de las alternativas, se suele utilizar el Concepto de "utilidad" (que se define en forma tautológica, como lo que el individuo desea maximizar); generalmente la utilidad "observable", se define como una combinación lineal de variables, por ejemplo:

$$V = 0,25 - 1,2 TVIA - 2,5 TACC - 0,33 C / I + 1,07 N^{\circ} \text{ Autos} \dots\dots[4.1]$$

Cada variable representa una característica de la alternativa, que ayuda a distinguirla de las demás. La influencia relativa de cada atributo está dada por su coeficiente; por ejemplo, en la expresión anterior, un cambio unitario en el "tiempo de acceso", tiene un impacto del orden del doble más fuerte que el de un cambio unitario en el tiempo de viaje en vehículo, y de más de siete veces que el de un cambio unitario en la variable costo / ingreso. La constante "modal específica", 0,25 en la ecuación, se interpreta como representando la influencia neta de todas aquellas características no observadas o no incluidas en forma explícita en la utilidad de cada alternativa. Un elemento importante para la estimación de beneficios es la utilidad marginal del ingreso UMI; esta se define como la variación de la utilidad de una persona cuando su ingreso aumenta en una unidad, y se puede aproximar por su  $\delta V / \delta C$ , en que C es el costo del viaje.

En la expresión ( 4,1), se obtendrá que

$$UMI = -0,33 / I$$

Es importante mencionar que es naturalmente una función del ingreso. Sin embargo, si la función V se especifica sólo en función del costo, resulta imprescindible segmentar por ingreso a fin de obtener valores de UMI que efectivamente varíen con el ingreso.

A fin de predecir si una determinada opción va a ser escogida, de acuerdo al modelo, el valor de su utilidad debe transformarse en un valor de probabilidad entre 0 y 1. Para esto,



---

existe una gran variedad de posibles transformaciones matemáticas, que típicamente se caracterizan por ser graficables en curvas con forma de S.

En general, los modelos de elección discreta no pueden ser calibrados usando técnicas de ajuste de curvas estándar, como la del modelo de regresión lineal, ya que su variable dependiente,  $P_i$ , es una probabilidad (entre 0 y 1) que no puede ser observada, sólo se observan las elecciones de cada individuo y éstas son variables (0, 1); el único caso que en que esto no ocurre es para modelos de grupos de individuos homogéneos, o cuando se observa la conducta de una persona en repetidas oportunidades.

Por lo tanto, se debe utilizar la técnica de estimación de “máxima verosimilitud”. Este procedimiento busca encontrar aquellos coeficientes que al ser multiplicados por los valores correspondientes de las características de cada alternativa, generen probabilidades que maximicen la posibilidad de reproducir las elecciones observadas.

La etapa de análisis (Perfil o Prefactibilidad) y el monto estimado del proyecto (Pequeño, Mediano o Grande) son decididos por la SCT. El proyectista debe decidir el carácter del proyecto (estructural o no estructural) y, en el caso de proyectos no estructurales de tamaño mediano (nótese que éstos, por definición no pueden ser de gran tamaño), si se trata de una situación con proyección simple o compleja.

Un proyecto tiene proyección simple cuando se anticipa que las condiciones del mercado (situación de los medios en competencia al aéreo) no experimentarán variaciones significativas entre el año base y el de diseño. Si por el contrario esto ocurre, se trata de un proyecto con proyección compleja, en cuyo caso los modelos más simples no serían apropiados; por ejemplo, si se estima que los viajes por carretera verán su nivel de servicio muy deteriorado por el aumento de la congestión a futuro, es posible que el modo aéreo experimente un crecimiento en términos de participación modal aún cuando el proyecto analizado no tenga carácter estructural. Esto, por supuesto, obliga a analizar la situación con modelos apropiados, de mayor complejidad.

---

Para obtener los indicadores de la demanda, es necesario definir el área de influencia en la que se ubica la población a la que servirá el aeropuerto, que debe estar a una

distancia no mayor a 30 minutos de recorrido, identificando sus habitantes y principales características socio-económicas, base para definir las variables a considerar en los modelos econométricos que expliquen su comportamiento histórico, y sirvan para pronosticar la demanda futura y sus características. Se considera como factor crítico el número de operaciones.

Considerando el nivel de demanda de vuelos origen-destino, de transferencia o mixtos, y el crecimiento esperado de la demanda y sus características, se define la vocación del aeropuerto y sus requerimientos (plantilla base).

## 2.2 Nivel 2: DETERMINACION DE LA UBICACIÓN DE LAS NUEVAS INSTALACIONES

El terreno en las inmediaciones de un aeropuerto importante se ha vuelto muy atractivo junto con la posibilidad de realizar conexiones aéreas con cualquier parte del mundo, su posición estratégica con las redes de infraestructuras terrestres ha convertido esta zona en uno de los emplazamientos más cotizados por las empresas de la periferia de las ciudades en términos de tamaño y de la complejidad de su organización, el área aeroportuaria puede compararse con una ciudad.

Es un hecho que los aeropuertos producen grandes cambios en la ordenación territorial y ejercen efectos muy perjudiciales para el medio ambiente. La evaluación, planificación y construcción de nuevas instalaciones es un proceso polémico y cada vez más largo.

Para la determinación de la ubicación de un aeropuerto se tendrán que estudiar las siguientes consideraciones:

---

## 2.2.1. FACTIBILIDADES TÉCNICAS

En su aspecto de diseño, esta etapa comprende el desarrollo de anteproyectos. El objetivo es lograr una mayor precisión en la estimación de los costos de inversión involucrados y en el diseño operacional de las soluciones. A este nivel de detalle, el número de alternativas considerado es normalmente muy reducido. La modelación se centra en mejorar las proyecciones de demanda y los niveles de desempeño futuros (grado de congestión, deterioro de pavimentos, variables de servicio, etc.), tanto para la situación base como para la situación con proyecto. La evaluación comprende el cálculo formal de costos y beneficios en cortes temporales futuros, que permiten determinar indicadores de rentabilidad de largo plazo. El resultado es la selección de una alternativa única a ser construida, o eventualmente proponer la ejecución de lo definido como situación base.

La planificación de un aeropuerto como ya vimos en el capítulo 1.4 es un trabajo en la que participa un grupo interdisciplinario y debe tomar en cuenta los siguientes puntos

- ◆ Opciones de Ubicación
- ◆ Factibilidad Aeronáutica
- ◆ Manejo de Fauna Silvestre
- ◆ Factibilidad Ambiental y Urbana
- ◆ Factibilidad Técnica Constructiva
- ◆ Comunicaciones y Transportes
- ◆ Compatibilidad del aeropuerto con su entorno cercano
- ◆ Servicios e infraestructura disponible
- ◆ Factibilidad económica
- ◆ Factibilidad Financiera
- ◆ Análisis de la relación costo-beneficio
- ◆ Evaluación Comparativa de Opciones
- ◆ Aspectos Sociales y Políticos
- ◆ Evaluación sobre la rentabilidad

---

## 2.2.2. OPCIONES DE UBICACIÓN.

Para una correcta ubicación de un aeropuerto se deberá considerar los siguientes puntos:

- Grandes extensiones de terreno básicamente de superficie plana.
- Zonas donde no exista interferencia para la operación aeronáutica por obstáculos naturales (orográficos) o artificiales.
- Elevación del sitio y condiciones meteorológicas.
- Ubicación de las zonas urbanas.
- Distancia a cuerpos de agua, tiraderos de basura ó rellenos sanitarios.

Los aeropuertos demandan grandes extensiones de terreno básicamente superficies planas, en zonas donde los obstáculos naturales (orográficos) o artificiales no interfieran con la operación aeronáutica (sub capítulo 1.3.2). Asimismo, se deberá considerar de entrada, la ubicación de las zonas urbanas, la distancia a cuerpos de agua y rellenos sanitarios.

Un elemento geográfico importante a considerar es la elevación del sitio, por estar directamente relacionada con las condiciones climáticas del lugar; temperatura, vientos y presión atmosférica, que influyen en el desempeño de las aeronaves, demandando mayor longitud de pista a elevaciones y temperaturas mayores.

## 2.2.3 FACTIBILIDAD AERONÁUTICA

El sitio seleccionado deberá permitir la construcción del número de pistas de acuerdo a los pronósticos de la demanda y a las características de los equipos de vuelo que operan actualmente y se espera operen en el futuro.

En el caso de que se requiera de varias pistas paralelas, se deberá establecer la distancia mínima de separación entre éstas (subcapítulo 1.3.2.1), tomando en cuenta el sistema de rastreo por radar que se utilice, para cumplir con las normas internacionales y nacionales establecidas para los procedimientos de vuelo y para las áreas de protección libres de

---

obstáculos (Figura 34), en aproximaciones directas y fallidas, así como para despegues normales o con falla de motor.

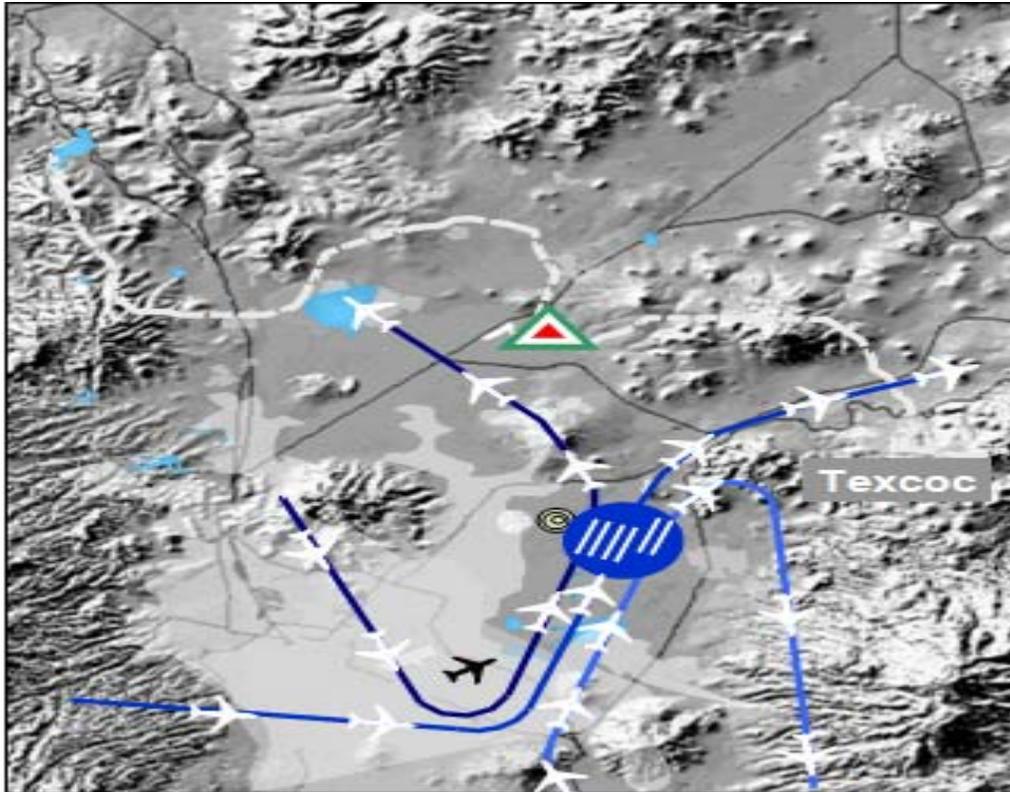


Figura 34. La ubicación de un aeropuerto (MANUAL AICM), no tiene que Tener obstáculos físicos

El sitio seleccionado deberá permitir:

- La construcción del número de pistas acorde a los pronósticos de demanda.
- De requerirse varias pistas paralelas, se deberá establecer la distancia mínima de separación entre éstas, considerando:
  - Sistema de rastreo por radar.
  - Normas internacionales y nacionales.
  - Procedimientos de vuelo

---

#### 2.2.4 MANEJO DE FAUNA SILVESTRE

El número de aeronaves se ha estado incrementando continuamente; al mismo tiempo su velocidad ha aumentado; por otro lado, cada vez se realiza un número mayor de vuelos a bajas altitudes, tanto en la aviación general como en la comercial, durante sus despegues y aterrizajes.

La mayoría de las aves también vuelan a menos de 300 metros sobre el terreno; por tanto, constituyen un peligro serio para las aeronaves.

En los inicios de la aviación, la velocidad baja de las aeronaves hacía posible que las aves evitaran las colisiones; y en caso de que ocurrieran, la fuerza del impacto era pequeña.

En la mayoría de los casos, una colisión producía sólo un daño menor en el borde de las alas o en el fuselaje de la aeronave. La probabilidad de una colisión era muy pequeña, debido al número reducido de aeronaves existentes. La mayoría de las aves aprendieron rápidamente a evitar el espacio aéreo peligroso alrededor de los aeropuertos, gracias al ruido que producían las hélices de los motores de las aeronaves.

Esta situación cambió en los años cincuenta, después de que aparecieron los primeros aviones con motor turbohélice y turboreactor, debido al incremento en su velocidad y dimensiones. Resultó más difícil para las aves evitar los impactos, y la fuerza de las colisiones se incrementó en gran medida.

El índice de colisiones con las aves también subió por efecto de succión de los nuevos motores y a sus mayores dimensiones Figura 36.

Por otro lado, los motores de reacción son menos resistentes a las colisiones con aves que los de pistón; además las modernas aeronaves son más silenciosas y, por tanto, es más probable que no sean detectadas por las aves (Figura 35).

---

El costo de las consecuencias de los daños a las aeronaves por colisiones con aves puede alcanzar valores de varios millones de dólares al año. Este valor no sólo lo conforma el costo de la reparación de la aeronave, sino también el de tenerla fuera de servicio. Además, dichos impactos pueden poner en riesgo la seguridad de los pasajeros y de su tripulación. En contraparte, puede haber gastos significativos por parte de los aeropuertos, que tienen como objeto prevenir las colisiones entre aves y aeronaves. Por ejemplo, el aeropuerto John F. Kennedy de Nueva York, gasta para ello más de medio millón de dólares al año; lo que equivale aproximadamente, al precio de reparación de dos motores de un avión Boeing 747. La magnitud del problema de las colisiones ave-aeronave es diferente en cada terminal aeroportuaria. Con objeto de prevenir dichas colisiones en forma efectiva se necesita una comprensión en profundidad de los hábitos y comportamiento de las aves. Por tanto, es importante para los administradores aeroportuarios consultar a los ornitólogos.



Figura 35. Daño a turbina por colisión con aves (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

---

Como parte de la planificación de un nuevo aeropuerto, es necesario evaluar el riesgo y magnitud del problema de impacto con fauna silvestre. Esta evaluación debe incluir la realización de un estudio de la fauna silvestre, así como la evaluación del hábitat que puede propiciar su presencia.

Con base en las características del nuevo aeropuerto y los resultados de la evaluación, se deberá implementar un Plan de Manejo de Fauna Silvestre, con el fin de reducir el riesgo de ocurrencia de impactos como se muestra en la Figura 36.



Figura 36. Falta de un plan de manejo de fauna silvestre (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

---

Para una evaluación de un buen manejo de fauna se tendrá que tomar en cuenta lo siguiente.

- Las aves pueden crear serios problemas en despegues y aterrizajes.
- Evaluación del riesgo y magnitud del problema de impacto con fauna silvestre.
- Evaluación del hábitat que puede propiciar su presencia.
- Establecimiento de un plan de manejo de fauna silvestre.
- La mayoría de los impactos con aves ocurren en las inmediaciones del aeropuerto.
- El 78% de los impactos ocurren por debajo de los 1000 pies; de esos, 38% en los despegues y 49% en los aterrizajes
- En los EU, la colisión con aves representa 92,000 horas por año de aviones en tierra y 20 millones de dólares en daños.
- Lo más grave son pérdidas de vidas humanas

#### 2.2.5 FACTIBILIDAD AMBIENTAL Y URBANA

La factibilidad ambiental y urbana consiste en armonizar la ubicación, tamaño y configuración del aeropuerto con su entorno, sin perder de vista la sustentabilidad ambiental y social para la población local. Para lograr este objetivo y de acuerdo a la normatividad mexicana, se tendrá que elaborar una manifestación de impacto ambiental.

La manifestación de impacto ambiental tiene por objeto evaluar la incidencia que las obras de construcción o ampliación pueden ocasionar sobre el medio físico, biótico y socioeconómico, en aplicación de la normativa vigente sobre evaluación de impacto ambiental.

Los objetivos específicos del estudio pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

- Definir y valorar, desde un punto de vista ambiental, el entorno en el que se localizarán las actuaciones, entendiendo éste como el espacio físico, biológico y humano en el que se desarrollan las obras proyectadas y que es susceptible de ser alterado por las mismas.

- Prever la naturaleza y magnitud de los efectos originados por la construcción y puesta en servicio de las citadas instalaciones.
- Establecer las medidas correctivas que permitan minimizar los posibles impactos ambientales negativos.
- Establecer un Programa de Vigilancia Ambiental que garantice el cumplimiento de las medidas correctivas propuestas, evalúe su grado de eficacia y que sirva asimismo para identificar los impactos no previstos y los impactos residuales.



Figura 37. Cambio de la configuración de uso de suelo a través del tiempo en las inmediaciones del AICM (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

---

La mitigación de los impactos ambientales siempre tiene que realizarse indistintamente que la configuración del uso de suelo del entorno del aeropuerto cambie cambié con el tiempo (Figura 37)

En el caso de un aeropuerto una de las mayores afectaciones en cuestión ambiental será el fenómeno de ruido, ya que por el movimiento de las aeronaves, tránsito urbano, movimiento de camiones y mercancías se generara este fenómeno a gran escala por lo que se tendrá que realizar un control de mitigación adecuado para el aeropuerto.

El objeto del control de ruido es conocer y controlar las emisiones de ruido hacia el exterior, así como analizar y responder las posibles quejas que el ruido generado por las actividades aeroportuarias, incluyendo las operaciones de aterrizaje y despegue de aeronaves y el ruido generado en plataforma por las pruebas de motores, y el movimiento de aeronaves por la plataforma.

Descripción del manejo de generación de ruido:

- Medidas de reducción del ruido.
- Identificación de incumplimientos.
- Gestión de quejas por ruido.
- Información suministrada.

Un aeropuerto siempre será un centro de generación de ruido por lo que en su diseño se deberán tomar las siguientes consideraciones para que se tenga la menor afectación posible.

- Distancia a los centros urbanos.
- Determinación de contornos de ruido para diferentes etapas (Figura 38).
- Evaluación de impactos.
- Tener presente la dirección en que sopla el viento.



Figura 38. Zona de influencia de ruido del AICM (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

## 2.2.6 FACTIBILIDAD TECNICA CONSTRUCTIVA

La capacidad constructiva que se obtendrá en la construcción de un aeropuerto dependerá de la topografía del terreno, de las características geotécnicas y de mecánica de suelos, de la localización de los bancos de materiales, de los aspectos hidráulicos del sitio y de la disponibilidad de servicios de infraestructura, así como, la mano de obra calificada cercana a los sitios en estudio.

En función de estas características, deberá considerarse el costo de cada etapa del proceso constructivo.

- Comunicaciones y Transportes

Analizar y hacer un inventario de los diferentes sistemas de comunicación y de transporte con los que cuenta el sitio, en los que influirá la distancia a la que se encuentren los principales centros de demanda (Subcapítulo 2.2) y los diferentes tipos de transporte para los usuarios del aeropuerto.

---

Se recomienda que la localización de los aeropuertos se haga fuera de la zona urbana de las ciudades, sin embargo, se tratará, en la medida de lo posible, de situar a los aeropuertos lo más próximo a las zonas que están destinados a servir. La conveniencia de la localización de un aeropuerto con relación a las zonas que sirve, puede medirse en función del tiempo y costo del viaje hasta el mismo

- Compatibilidad del aeropuerto con su entorno cercano

La compatibilidad del aeropuerto con la ciudad y el espacio aéreo es muy importante, para esto se tiene que hacer una planeación del suelo cercano al aeropuerto para evitar que en un futuro se puedan crear fraccionamientos residenciales en las proximidades del aeropuerto como se muestra en la Figura 39



Figura 39. Falta de planeación en el uso de suelo (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

---

La planeación en el uso de suelo es importante no solo para que no se construyan edificios dentro del cono de aproximación del aeropuerto, sino también para evitar que existan luces intensas dentro de las proximidades del aeropuerto que puedan confundir a los pilotos en los aterrizajes y despegues como se muestra en la figura 40.



Figura 40: luces intensas que pueden confundir a los pilotos (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

Otro factor sobre la planeación, sobre el uso de suelo en las proximidades del aeropuerto es que no existan industrias que despidan mucho humo ya que también puede confundir a los pilotos como se muestra en la Figura 43.

Otro punto menos importante es que en la planeación de un aeropuerto se contemple la reserva de terrenos (Figura 42), destinados a parques o a cualquier actividad recreativa y/o

---

deportiva. Que en un futuro puedan servir para la ampliación del aeropuerto o aeródromo.



Figura 42. Importancia de la reserva de terrenos aledaños al aeropuerto (Segundo Diplomado Internacional de planeación Interdisciplinaria Urbano Ambiental para Aeropuertos 2008)

- Servicios e Infraestructura Disponible

La importancia que tiene la cercanía o disposición de servicios como son el suministro de combustible, suministros de agua potable y sitios para la recepción y reciclaje de desechos sólidos es de suma importancia ya que de esto depende reducir costos generados de los servicios antes mencionados.



Figura 43. Falta de planeación en el uso de suelo en las proximidades.

## 2.2.7 FACTIBILIDAD ECONOMICA

La factibilidad económica debería determinarse con respecto a cada componente del plan general (pistas, edificios, etc.) en el curso del período seleccionado. Deberá hacerse una comparación entre las ventajas y costos cuantificables, calculado a base del costo de oportunidad apropiado del capital, y debería estimarse la relación ventajas-costos y el tipo de interés aplicable al desarrollo previsto. Los costos del capital que hay que considerar para esta fase son cálculos generales sobre su magnitud, en relación con un periodo de varios años. Los costos incluyen, entre otras cosas, la adquisición de los terrenos(en caso necesario), las obras de construcción, el material, las piezas de equipos especializados y el mantenimiento, estos gastos de administración y de explotación y el costo del financiamiento. Entre las ventajas, deberán figurar una mayor capacidad y mayores posibilidades del aeropuerto, más seguridad y confiabilidad y un mejor servicio público.

---

Todas las estimaciones generales acerca de la factibilidad económica, realizadas durante esta fase inicial del proceso de la planificación general. Indicarán la posibilidad de mantener o modificar la envergadura del plan general.

### 2.2.8 FACTIBILIDAD FINANCIERA

Antes de emprender un proyecto de inversión aeroportuaria y de obtener los fondos necesarios para llevarlo a cabo, es preciso recopilar distintos datos. Es necesario preparar estimaciones de la magnitud general de los costos del proyecto, así como del tráfico anual esperado, durante la vida útil de la nueva infraestructura aeroportuaria que abarca el proyecto. Deberán determinarse las posibles fuentes de financiación, así como las eventuales fuentes de ingresos aeroportuarios que se requerirán posteriormente para hacer frente a las obligaciones de amortización de la deuda de que será responsable el aeropuerto. Toda esta información también viene al caso para preparar los análisis mencionados precedentemente.

Una vez que se ha resuelto llevar adelante el proyecto aeroportuario, se debe elaborar un plan mucho más detallado - el plan de financiación – que proporciona la siguiente información básica:

- a) Las estimaciones del costo de los componentes (por ejemplo, mano de obra, materiales, equipo, etc.) de cada parte constitutiva del proyecto total.
- b) Los fondos que se necesita desembolsar en las varias fases de evolución del proyecto.
- c) Los tipos de moneda en que deben hacerse los pagos.
- d) Las fuentes de las que los fondos irán llegando, y las condiciones aplicables (por ejemplo, tipo de interés, plazo de reembolso, etc.).

En el proceso de análisis de factibilidad financiera, se podrá apreciar de forma más definitiva la magnitud de los costos y cuándo se producirán. Los pronósticos sobre los volúmenes de tránsito esperados y la determinación de las fuentes potenciales de ingresos se hacen también más detallados, haciendo posible la proyección sensata de los ingresos. Estos

---

datos se convierten, a su vez, en factores esenciales para la preparación del plan de financiamiento del proyecto. El plan de financiamiento es, en esencia, un proyecto que indica de qué manera habrá que sufragar los costos asociados con el proyecto, por lo que en su preparación hay que tener en cuenta los costos de capital y los costos de operación: el primero constituye la inversión que el proyecto representa hasta su terminación, y el último representa los costos en los que se incurre en forma continuada una vez que el proyecto, o cualquier parte del mismo (por ejemplo, la primera de las dos pistas planificadas), comienza la fase operacional. Estas dos categorías de costos suponen consideraciones de financiamiento diferentes; por lo tanto, necesitan ser tratadas por separado

Para determinar la factibilidad financiera de cada una de las opciones de localización de un aeropuerto, se deben determinar las inversiones necesarias para su desarrollo, los ingresos y gastos derivados de su operación como son:

- Inversiones necesarias para su desarrollo.
- Origen de la inversión.
- Ingresos y gastos de operación.
- Evaluación financiera (análisis costo-beneficio).
- Evaluación económica.

Con base en los datos anteriores se puede realizar la evaluación financiera del proyecto. Adicionalmente se pueden incorporar parámetros de costo para los usuarios y beneficios para el país, a fin de llevar a cabo la evaluación económica del proyecto.

### 2.2.9 ANALISIS DE LA RELACIÓN COSTO-BENEFICIOS

Cuando los proyectos aeroportuarios se financian recurriendo a fondos públicos, deberá considerarse la utilización de una metodología que refleje los beneficios y costos tanto públicos como privados del proyecto. El análisis de costo-beneficios (ACB) identifica la opción de inversión que mejor satisface el objetivo de maximizar los beneficios netos para la sociedad. Evidentemente, esto es considerablemente más que una evaluación financiera



---

cuya atención se centra en las cuentas y los flujos de fondos del proyecto. La evaluación financiera y el ACB se diferencian además en cuanto al modo de considerar el costo del capital. En tanto que la evaluación financiera normalmente re expresa el costo de capital en términos de depreciación anual y gastos por intereses, el ACB lo calcula en términos de las erogaciones en efectivo necesarias en años futuros y no por la depreciación y los intereses. La masa de erogaciones en efectivo se compara con la masa de beneficios y las cantidades netas anuales se descuentan para llegar al valor neto actual (VNA) de la opción de inversión examinada.

Las diferencias de alcance entre una evaluación financiera y un análisis de costo beneficio ACB pueden ilustrarse tomando como ejemplo la ampliación de una terminal de pasajeros en un aeropuerto. La evaluación financiera estudiaría los flujos de fondos financieros y los derechos que será necesario imponer a los usuarios para costear esta inversión, en tanto que el ACB analizará los costos y los beneficios para todos los interesados, incluidos los beneficios para los transportistas aéreos, pasajeros y los beneficios para los pasajeros por el ahorro de tiempo. Además, si se consideran los efectos sociales más amplios, es necesario tener en cuenta los efectos negativos tales como el aumento del tráfico y del ruido que experimentarán las personas que viven o trabajan en las cercanías del aeropuerto.

Por ejemplo, una inversión en equipo más moderno de manipulación de equipaje podría reducir el número de empleados necesario en el futuro, disminuyéndose así los costos de explotación. Los explotadores de aeronaves pueden también beneficiarse de la mayor eficiencia del transporte, comprendidos los ahorros dimanantes del movimiento más eficiente de las aeronaves y un servicio más fiable y predecible.

La evaluación de los beneficios en materia de seguridad operacional requiere un análisis de los riesgos en ese campo que constituyen una medida combinada de la probabilidad de que se produzca un suceso adverso y su gravedad. El análisis costo beneficio ACB examina las consecuencias determinadas por un análisis de riesgo y les asigna un valor monetario. Cuando las pérdidas resultantes de un accidente afectan bienes tangibles tales como edificios, los riesgos de accidentes pueden cuantificarse según los costos de reposición o

---

reparación. Sin embargo, en el caso en que las pérdidas tengan consecuencias intangibles, tales como lesiones personales o pérdida de vidas, se vuelve más difícil darle un valor monetario y tal determinación debería realizarse con prudencia.

Debido a las dificultades que plantea la determinación de los beneficios en materia de seguridad operacional, a menudo se omite en los análisis, salvo que los beneficios difieran entre las opciones que son objeto de estudio o que resulten ser un factor decisivo para establecer un beneficio neto positivo respecto a una única inversión en infraestructura. Cuando un proyecto no pueda justificarse a través de otros beneficios, podrá resultar necesario determinar si el proyecto aumentará el nivel de seguridad operacional.

Los proyectos pueden tener repercusiones negativas o positivas que recaerán en terceros (por ejemplo, efectos ambientales). La determinación y evaluación de esos efectos son menos fáciles y pueden no tener un valor de mercado obvio. Sin embargo, es útil hacer una lista de tales repercusiones y cuantificarlas utilizando técnicas analíticas, si fuera posible.

Las repercusiones en el medio ambiente constituyen un efecto importante de muchos proyectos de envergadura en el campo del transporte. Ya sea que se los considere un costo o un resultado negativo (los efectos en el medio ambiente son a menudo involuntarios y generalmente negativos), estos efectos son difíciles de medir con precisión.

Aun así, es importante que se determinen y se evalúen cuidadosamente. Se han efectuado abundantes investigaciones tendientes a la cuantificación de los efectos ambientales (capítulo 4).

Después de determinar y pronosticar todos los costos y beneficios, la masa neta en efectivo de costos y beneficios se descuenta, o actualiza, al valor del momento para producir un valor neto actualizado (VNA) único, con lo que se podrá observar si un proyecto ofrece beneficios superiores a los costos o determinar cuál de las opciones en estudio produce los mayores beneficios netos. La opción preferida, desde el punto de vista económico, sería la que presente el VNA más alto. La necesidad de practicar los descuentos se debe al hecho

---

de que el valor que se asigna a los ingresos y los gastos depende del momento en que tengan lugar. Una unidad monetaria a recibir dentro de un año vale menos que una unidad de la misma moneda que se posea hoy, debido a las oportunidades que se perderán durante el año.

Los beneficios y los costos no siguen necesariamente la misma distribución de flujos de fondos que surge de una evaluación financiera. Además, los beneficios que recibirán los usuarios de la aviación tal vez sean insuficientes para cubrir los costos totales del proyecto.

### 2.2.10 EVALUACIÓN COMPARATIVA DE OPCIONES.

Una vez que se demuestra la factibilidad de cada una de las opciones de localización para los diferentes aspectos considerados, se efectúa una evaluación comparativa de las mismas, la cual considera la medida en que se atiende la demanda, se cuida el medio ambiente, se estimula la economía, se impacta al entorno urbano, se demandan recursos gubernamentales o se favorece al sector privado.

La evaluación comparativa contempla los siguientes puntos:

- ◆ Atiende la demanda.
- ◆ Cuida el medio ambiente.
- ◆ Estimula la economía.
- ◆ Impacta al entorno urbano.
- ◆ Demanda recursos gubernamentales.

El peso que se asigne a cada uno de los diferentes factores depende de las condiciones particulares de la región o país de que se trate. A manera de ejemplo, hay proyectos que han resultado sumamente costosos por atender restricciones de ruido o conseguir mayor cercanía a los centros de demanda.

---

## 2.2.11 ASPECTOS SOCIALES Y POLÍTICOS

Es importante considerar que en la mayoría de los casos la planificación de un aeropuerto trasciende los aspectos técnicos y se convierte en un proceso complejo en el que es importante considerar aspectos legales, económicos, ambientales, sociales y políticos.

Es por esto que durante el proceso de planificación es fundamental la participación de las diferentes instancias de gobierno a nivel federal, estatal y local, organismos internacionales, grupos colegiados, líneas aéreas, inversionistas, grupos políticos y la sociedad en su conjunto.

- Aspectos sociales

Hoy día la construcción o modernización de un aeropuerto constituye en un reto para la integración de la región en la cual se ubicara las instalaciones aeroportuarias en especial de su entorno inmediato

Por lo anterior, la consolidación del aeropuerto como un nodo de desarrollo económico, que posicione a la región como una de las zonas geográficas más competitivas y atractivas.

La dimensión social del proyecto tiene que ver, en el nivel regional, con la cohesión social, es decir, la capacidad para generar una visión conjunta y de futuro que fomente la integración social y el mejoramiento de la calidad de vida. En el nivel local, debe considerarse que el proceso de renovación urbana y económica del área adyacente al aeropuerto incide directamente en grupos humanos que por sus condiciones históricas, económicas y sociales pueden afectarse con esos procesos.

Estos impactos, si no se identifican y mitigan debidamente, pueden traducirse en efectos negativos para la población que los recibe, pero también pueden resultar en movimientos sociales que afecten o inclusive que hagan fracasar el proyecto en su totalidad.

---

Del mismo modo, la contaminación sonora, con niveles mayores a los 65 decibeles (dB), es la problemática ambiental más significativa en el entorno del aeropuerto, entendida como un conjunto de sonidos indeseables que pueden ocasionar molestias de tipo auditivo, deficiencias en la comunicación oral, dolor perturbación del sueño, incremento del estrés, efectos sobre el sistema circulatorio y daños en el equilibrio, entre otros. Estos efectos en la salud pública pueden convertir un proyecto aeroportuario en un nodo de problemas sociales.

Para saber cuál será la magnitud de las repercusiones sociales, se tendrá que realizar un estudio previo donde se incluya un censo de las construcciones existentes en el área, separando cuales corresponden a uso doméstico y cuales a uso industrial y por ultimo cuales son de uso mixto. Dicho estudio también deberá contener las estadísticas de la ocupación de la población que vive en la zona.

La finalidad de tener un estudio de las características sociales de la zona donde se planea el aeropuerto es para facilitar la reconversión de los usos del suelo, donde como consecuencia surgirá un plan para establecer el tratamiento de renovación urbana como un instrumento de planeación que permitirá actualizar la estructura urbana a las necesidades actuales y futuras, en correspondencia con las actividades relacionadas en lo posible con el tráfico aéreo y la actividad aeroportuaria.

De esta manera, sería viable generar una plataforma funcional mediante actuaciones urbanísticas como los planes parciales, que permitan la inclusión de los propietarios actuales del suelo en asocio con el sector público como líder del proceso y los agentes inmobiliarios e inversionistas privados. En este sentido, las sugerencias y recomendaciones de este trabajo de tesis están dirigidas a motivar a los agentes directamente involucrados en la operación urbana, para propiciar un desarrollo holístico, ordenado, ambientalmente sustentable y favorable socialmente, que pretenda mejorar el entorno para la localización de actividades económicas, la competitividad y, a su vez, la calidad de vida de la comunidad.

---

Para el análisis de la zona se recomienda definirla en dos áreas de estudio:

- 1.- El área de influencia inmediata que corresponde a las zonas territorialmente más próximas al aeropuerto
- 2.- El área de influencia directa, en donde se ubican las empresas y personas que tienen relaciones con el aeropuerto porque le venden servicios, lo complementan con actividades de soporte o dependen del laboralmente.

El análisis se desarrolla de lo macro a lo micro, revisando desde los aspectos más generales a los más específicos.

- Aspectos políticos

La capacidad de las entidades territoriales para generar alianzas y trabajar de forma articulada tiene una influencia significativa en el desarrollo urbano, social y económico de las áreas aeroportuarias y por tanto es una ventaja para aprovechar proyectos dinamizadores como la construcción y modernización de los aeropuertos en función de la renovación y el mejoramiento de su entorno.

Es importante el estudio del desarrollo respecto a las relaciones inter secretariales, administraciones estatales y gobierno federal de nuestro país, aunque estas últimas se perciben como desiguales y coyunturales, la conformación de las secretarías en especial la SCT quien es la encargada de regular la aplicación de la legislación y participación en el ramo de la planeación aeroportuaria son los encargados de administrar los recursos para llevar a cabo los proyectos que se estipulan en el plan de desarrollo nacional de las administraciones federales.

Los nuevos esquemas de planeación de las dos administraciones pasadas (2000-2012) en el país han promovido la cooperación entre estados y municipios.

Actualmente, la preocupación que se discute y trabaja es sobre esquemas de armonización del control y planeamiento urbano, en temas específicos de impuestos y usos del suelo. Este aspecto es de gran importancia para el desarrollo del entorno

---

del aeropuerto, y por ello se debe impulsarse y generar acuerdos prácticos de armonización para la planeación del suelo, máxime si hoy el desarrollo urbano municipal, especialmente en grandes centros urbanos ha desencadenado el crecimiento grandes zonas geoeconómicas.

Es importante la colaboración inter institucional ya que de no ser así se tendrá un impacto negativo en el perímetro del aeropuerto, si no se realiza planificación urbana y control del uso del suelo, llegara el momento en la vida del aeropuerto que se vea afectada el crecimiento económico de la región

Respecto a la gestión de políticas públicas económicas es importante destacar el cambio en la agenda de los gobiernos federales que tradicionalmente se ha centrado en atender las necesidades básicas de la población (servicios públicos, educación, salud, atención a población vulnerable). Hoy día se tiene una preocupación constante por impulsar importantes estrategias para atraer nuevas inversiones y con ello mejorar las condiciones de las regiones del país.

Por otra parte, el impacto que se genera al crear un grupo de colaboración entre los distintos actores políticos en la planeación y gestión de proyectos aeroportuarios, repercutirá a como efecto positivo a las finanzas públicas fiscales.

Como punto de estudio para este sub tema analizaremos de forma escueta el caso del proyecto del aeropuerto ubicado en la zona de Texcoco (Atenco) que se propuso por el gobierno federal en el sexenio del presidente Fox Quesada, esta decisión estuvo marcada por una intensa discusión técnica y política sobre cuál de las dos posibles sedes constituía la mejor opción, no sólo en términos aeronáuticos sino también económicos. Finalmente se tomó la decisión por construir el aeropuerto en la zona de Texcoco donde de manera inmediata se emitieron 19 decretos expropiatorios que afectaban a tres municipios: Atenco, Texcoco y Chimalhuacán. Desde un inicio, la arbitrariedad sería el sello distintivo del manejo político que los gobiernos federal y estatal realizaron, al nunca haber consultado a los pueblos

---

afectados. Contra los decretos expropiatorios o de estas tierras ejidales, surgió la rebelión organizada de un conjunto de ejidatarios y avecindados.

Desde el inicio del conflicto, los campesinos echaron a andar un repertorio de confrontación donde las marchas, los bloqueos carreteros, la retención de funcionarios gubernamentales, las barricadas y las guardias fueron el sello distintivo. Durante los nueve meses que duró el conflicto, las autoridades gubernamentales, tanto federales como estatales, desplegaron diferentes mecanismos orientados a dismantelar y cercar a aquellos ejidatarios movilizados que a lo largo del conflicto mantuvieron una postura que resultó inamovible. Tras casi un año de enfrentamientos, el gobierno federal decidió anular el proyecto aeroportuario.

Más allá de escenarios hipotéticos donde la pregunta reside en qué hubiera sucedido si los gobiernos federal y estatal hubiesen ofrecido alternativas que fueran socialmente rentables o bien si hubieran consultado a los pueblos afectados por los decretos expropiatorios, lo cierto es que el mal manejo social y político resultó en el estancamiento de un proyecto el cual era importante no solo para el desarrollo de una región si no de un país entero.

## 2.2.12 EVALUACIÓN SOBRE LA RENTABILIDAD

La finalidad del análisis de rentabilidad es facilitar la coordinación entre todos los interesados y respaldar las negociaciones con las instituciones financieras. La preparación de un análisis de los componentes principales del análisis de rentabilidad es el análisis financiero examinado precedentemente. Además, no es inusual que se incluya también, entre otros componentes, un análisis de la relación costo-beneficios y una sección dedicada al manejo de los riesgos. La información utilizada para preparar un análisis de rentabilidad va más allá del alcance del presupuesto y los planes de negocios, describe en detalle la propuesta seleccionada, proporcionando los motivos que justifican su elección entre todas las opciones disponibles y una evaluación en profundidad de sus beneficios, costos y riesgos. Igual en la descripción incluirá las demás opciones estudiadas en este capítulo, con sus

---

beneficios, costos y riesgos respectivos. Puede incluirse además información y análisis de productos y servicios, mercados, personal, tecnologías, instalaciones, equipo, capital, financiación, planes de contingencia, etc. El estudio evalúa el desempeño y la productividad, analizando los factores determinantes del éxito. También se identifican los principales factores de riesgo, junto con los indicadores que pueden señalar cambios en los resultados.

Para cada factor de riesgo, deben indicarse medidas para atenuarlos. De igual manera, convendrá evaluar las repercusiones en la organización y en los recursos humanos de las actividades de contratación, traslado de personal, capacitación y despidos.

El análisis de rentabilidad debe identificar las actividades y procedimientos comerciales del aeropuerto que se verán afectados, evaluar dichas repercusiones y proponer medidas apropiadas para abordarlas. Por ejemplo, en el caso de la construcción de un nuevo edificio terminal o la ampliación de un edificio terminal existente, el análisis de rentabilidad tratará de identificar cuáles serían las repercusiones en los usuarios del aeropuerto, lo que comprende las líneas aéreas, pasajeros, aviación general y proveedores tales como los servicios de escala, los suministros de a bordo y demás servicios. Evaluará también las repercusiones del proyecto en los recursos humanos (contrataciones, despidos, traslados/reasignaciones o capacitación).

### 2.3 NIVEL 3: DESARROLLO DE UN PLAN MAESTRO

El plan maestro es un documento consistente en el estudio de planificación general del aeropuerto y su desarrollo. La planeación de un aeropuerto no sólo debe tener en cuenta lo que queda dentro de sus instalaciones, pues su influencia sobre el entorno es tal que debe planificarse con éste simultáneamente, con el fin de armonizar sus usos, y prever y coordinar sus necesidades de crecimiento en un amplio futuro.

Por tanto, este plan no consta únicamente de la forma física del desarrollo último, sino también de una descripción de sus etapas así como de las implicaciones financieras y de las estrategias fiscales que conlleva.

---

En él se precisan los parámetros fundamentales y el trazado integral que permiten aprovechar al máximo las posibilidades de la ciudad-aeropuerto, examinando todos los factores que afectan al transporte aéreo y que fomentarán u obstaculizarán el desarrollo y utilización del aeropuerto durante su vida útil.

En su contenido se incluirá un marco dentro del cual pueda tener lugar el futuro desarrollo y ampliaciones, en el que se indique su máxima expansión, siempre tratando de minimizar el impacto ecológico, la contaminación acústica, atmosférica y terrestre.

Se definirán capacidades necesarias en cuanto a aeronaves, pasajeros, mercancías y vehículos en tierra, junto con la indicación de las fases principales de construcción que resulten viables en términos materiales y económicos, así como las fechas en que se prevea que se necesitarán y la prioridad que a cada nueva expansión se le otorgará.

El plan maestro de un aeropuerto contribuye a una mejor coordinación del transporte (aéreo, marítimo y terrestre), así como del desarrollo de las instalaciones con otras actividades de planificación de carácter local, regional, o nacional, y puede aplicarse tanto a la construcción de un nuevo aeropuerto como a una ampliación significativa de una instalación existente.

El plan maestro es el plan de urbanización del aeropuerto y sus alrededores. Como una ciudad el aeropuerto en un lugar abierto al público y dotado de equipamientos comunes a todos: carreteras, servicios de transporte público, restaurantes, bares, lugares de culto, comercios; se puede inclusive hospedar en hoteles.

El plan maestro es una organización en el espacio de esta función hombre-máquina. Este plan de organización se va a adaptar a las necesidades de los hombres y los tipos de máquinas utilizadas.

El objetivo del plan maestro no es otro que disponer el desarrollo ordenado de un aeropuerto, adecuado a las necesidades presentes y futuras del transporte aéreo en



---

determinadas zonas (Figura 44), y por ello el propio documento debe mantener un riguroso orden, estructurado en diferentes fases o etapas dependiendo de la entidad a la que se atiende

A un plan maestro la hacen evolucionar según sean las modificaciones de las necesidades humanas como son:

- Necesidad de estar mejor atendidos.
- Necesidad de seguir la mundialización de los intercambios.
- Necesidad de encontrar más servicios con mayor rapidez.
- Necesidad de ganar tiempo.
- Necesidad de estar en seguridad.
- Necesidad de pagar menos por estos servicios siendo más sofisticados.
- Necesidad de encontrar servicios a la altura de la imagen del modernismo vinculada con un aeropuerto.
- Necesidad de tomar en cuenta el impacto ambiental.

Después, el aeropuerto debe adaptarse a la evolución de los medios técnicos utilizados:

- Modificación de características de aviones.
- Modificación de características de medios de transportes terrestres (tren, metro, tren de alta velocidad).
- Modificación de los medios mecánicos, electromecánicos, electrónicos, radio, a la disposición de las actividades aeroportuarias.

En fin el aeropuerto debe adaptarse a las evoluciones económicas del ámbito:

- Búsqueda de un costo más bajo.
- Presiones de las aerolíneas, ellas mismas sometidas a presiones económicas muy fuertes.
- Modificación de los modos de gestión de aeropuertos que vienen de un modo de funcionamiento de tipo “Servicio Público” con una estrategia de gestión económica y que van hacia un modo de funcionamiento de tipo “Empresa de Servicio” con

---

una estrategia de gestión financiera siguiendo un cuaderno de tareas donde el servicio al público domina.

Se adivina fácilmente, que en consideración de todos estos parámetros de evolución el ejercicio de optimización de un Plan Maestro se hace extremadamente volátil.

Además que los ingenieros y arquitectos agregan una restricción suplementaria arriesgando en hacer el ejercicio imposible.

Un plan maestro se desarrolla en tres etapas como se muestra a continuación

#### FASE I

La fase I se refiere a la presentación actual del proyecto, potencial de desarrollo del aeropuerto e indicadores estratégicos que se deberán tomar en cuenta para garantizar el desarrollo a largo plazo del aeropuerto.

#### FASE II

Consiste en estudiar las diferentes opciones de solución para el desarrollo del Plan Maestro del Aeropuerto a fin de ofrecer una serie de alternativas que permitieron la elección de la opción más adaptada a las necesidades y restricciones del aeropuerto a corto, mediano y largo plazo.

Para la elaboración del plan maestro de un aeropuerto se tienen que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Análisis de la demanda
- Evaluación de restricciones
- Análisis de la capacidad
- Condiciones Adicionales del Alcance
- Análisis Económico y financiero

---

## FASE III

Consiste en el desarrollo de la opción definitiva. Este estudio es ante todo un instrumento de gestión racional de las instalaciones que debe proporcionar una base evolutiva y adaptable al desarrollo de una estrategia óptima de inversión y operación teniendo en cuenta los diferentes factores que afectan la vida día a día del aeropuerto:

- Administración catastral
- Administración financiera
- Administración de la demanda
- Administración del Traslado de Actividades

El estudio presentado deberá permitir establecer un plan de desarrollo del aeropuerto hasta su capacidad máxima de pasajeros y de carga.

Dentro de los principales puntos en del desarrollo de la Opción Definitiva, figuran:

- Diseño Aeronáutico
- Accesos, malla vial y estacionamientos
- Terminal de pasajeros
- Instalaciones de carga
- Instalaciones de mantenimiento de aeronaves
- Instalaciones de aviación privada y aerotaxis
- Mantenimiento Aeroportuario
- Instalaciones para combustibles
- Instalaciones militares
- Hoteles, oficinas y centros de negocios
- Desarrollos y proyectos potenciales
- Instalaciones técnicas
- Recapitulativo de los requerimientos y cronograma de obras

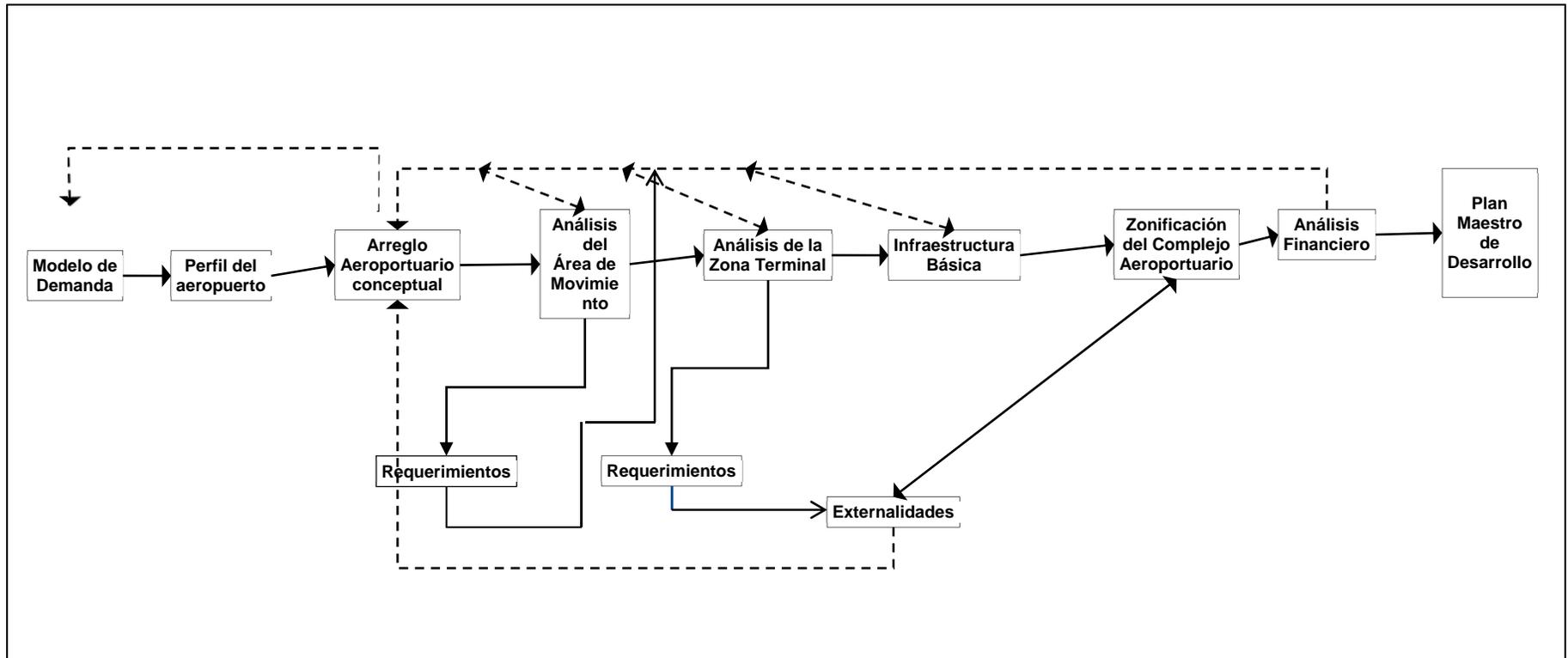


Figura 44. Esquema de la estructuración de un plan maestro (Jorge González Velázquez. Planeación de Aeropuertos y Desarrollo de Infraestructura)

---

### 2.3.1 FACTORES QUE DETERMINAN LA CAPACIDAD DE UN PLAN MAESTRO.

En la actualidad existen herramientas y técnicas poderosas de análisis capaces de aproximarse a parcialidades de la solución al problema del análisis cuantitativo y cualitativo de capacidad de la infraestructura aeroportuaria.

Varias de estas herramientas y técnicas se focalizan en la observancia de la configuración de la infraestructura y al análisis estático del flujo de procesos haciendo uso de esquemas, diagramas, planos, imágenes realísticas y la animación tridimensional entre los de mayor aceptación. Aun cuando muchos autores sugieren como componente fundamental del

Plan maestro de todo aeropuerto, la verificación de capacidad mediante el uso de modelos de simulación, en la práctica existen cuatro métodos ya ampliamente difundidos: -Copiar y optimizar configuraciones de arquitectura desarrolladas para otros aeropuertos --Análisis Gráfico Utilizando Diagramas Acumulativos -Aplicación Práctica de la Teoría de Colas y Simulaciones detalladas por computadora.

Un factor importante en la proyección de un plan maestro a largo plazo es la potencia de un aeropuerto que se conforma del resultado de la ecuación siguiente:

$W \text{ aeropuerto} = \text{capacidad pista} \times \text{lleno} \times \text{horas de apertura}$

Así para un aeropuerto funcionando 10 horas por día, con un lleno de 100 pasajeros por movimiento y una capacidad de pista de 40 movimientos por hora (1 o 2 pistas) obtenemos:

$W = 40 \times 100 \times 10 = 40\,000$  pasajeros por día o sea un potencial de capacidad de:

$40\,000 \times 365 = 14\,600,000$  de pasajeros por año.

De hecho en gran número de casos de aplicación los aeropuertos trataran un tráfico muy inferior con pérdida de rendimiento sobre cada factor.

Si el aeropuerto no tiene un rendimiento muy alto, es también por que la demanda es limitada.



---

Con el servicio de 20 enlaces (40 movimientos) por hora, el tráfico potencial está ligado a la capacidad de estos enlaces punto a punto.

Es así que aparece la segunda ley de la potencia de un aeropuerto, es el efecto “HUB”(nodo).

Pues con la creación de un HUB el número de enlaces se incrementa repentinamente de manera virtual y nuestro aeropuerto que está enlazado con 20 ciudades puede en realidad servir de base a  $20 \times 20 = 400$  ciudades y el mercado potencial de nuestro aeropuerto está ligado al cuadrado del número de movimientos.

Además, si los aviones están llenos porque en un mismo avión encontramos pasajeros interesados por 20 enlaces en lugar de 1 solo enlace.

Sin embargo el número de horas de uso se desploma por el efecto del factor “olas” que son plagas de citas que varían de 2 a 6 según los aeropuertos.

Para el ejemplo que tome el resultado para el mismo aeropuerto se transforma:

$W_{HUB} = 40^2 \times 120 \times 3 = 576,000$  pasajeros por día o 210 millones de pasajeros por año.

A pesar de esta pérdida de rendimiento debida a las “olas”, la potencia ha sido multiplicada por 14 (Figura 45).

Es muy raro observar un factor multiplicador de ese tipo, pero puede suceder con el factor de conexiones.

Para garantizar el éxito de un HUB (conexiones) se necesita:

- Una compañía basada estable
- Un fuerte dinamismo de las compañías deseando crear este HUB.
- Una inversión del aeropuerto para dar los medios a la compañías de crear este HUB.

- Una fuerte reserva de capacidad para acompañar el incremento o desarrollo del tráfico.

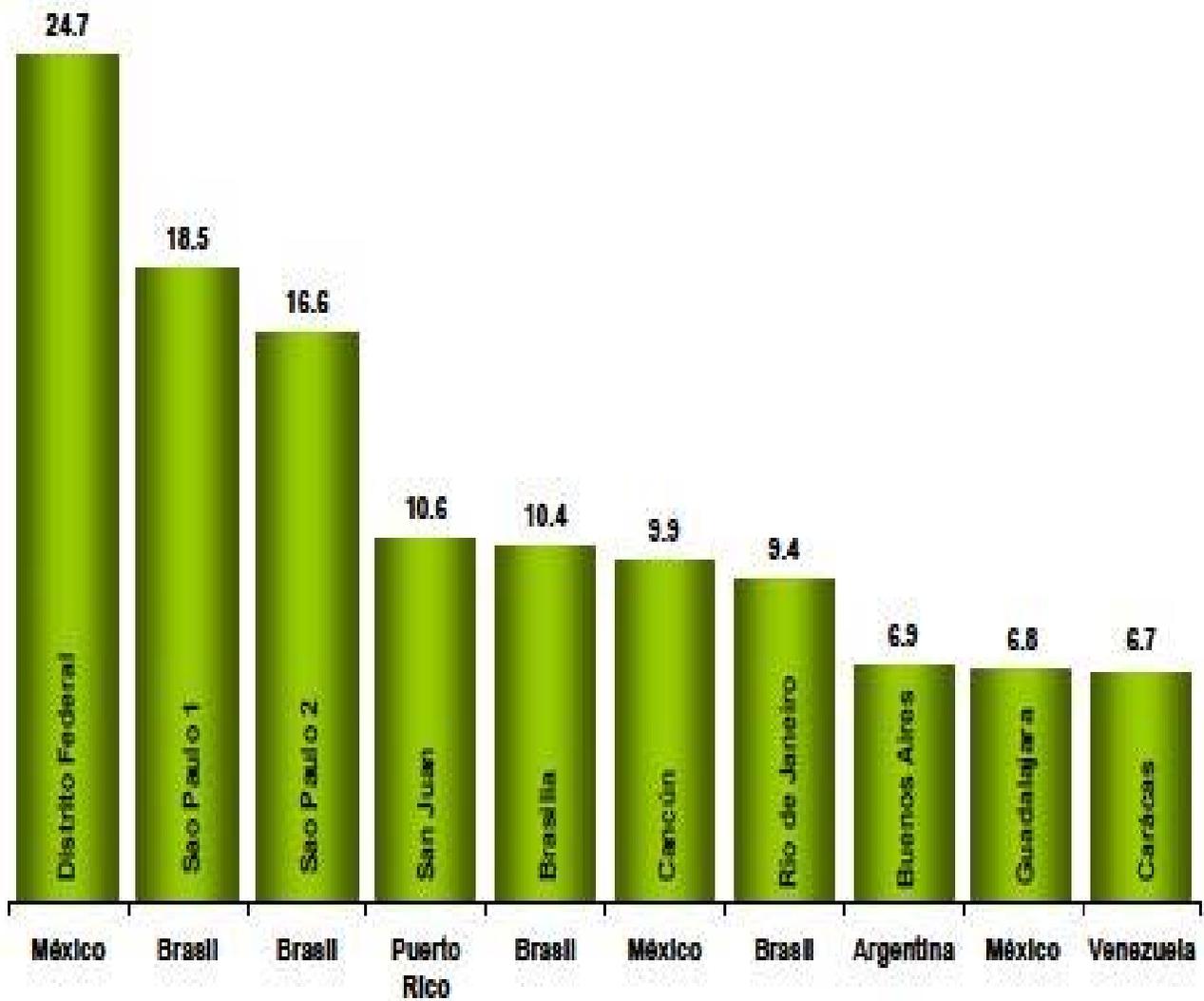


Figura 45. Aeropuertos en América Latina-2013 (Ing. Federico Dovali Ramos. Apuntes de la clase de Aeropuertos. Facultad de Ingeniería UNAM. Semestre 2008-1)

---

### 3. ESPACIO LOCAL Y PLANEACIÓN AEROPORTUARIA.

Desde la geografía económica el problema de las externalidades negativas de zonas colindantes expuestas a los grandes aeropuertos no es un tema nuevo. El objetivo de éste tema es mostrar como la planificación aeroportuaria a través de sus distintos actores, si es consistente con los organismos reguladores, constituye un proceso complejo que debe incluir en su análisis variables referentes distintas a disciplinas.

Hasta hace poco, la planificación del crecimiento de los aeropuertos se sustentaba simplemente en previsiones de demanda (pasajeros), seguridad operacional y oferta (aerolíneas), a partir de estas tres variables se desarrollaban planes de expansión aeroportuaria diseñados con principios basados en la ingeniería y la economía.

Pero el actual marco aeroportuario presenta situaciones nuevas que no pueden superarse con los métodos aplicados hasta hace unos años, pues nuevas variables entran en juego.

Éstas variables se ejemplifican en forma de conflictos territoriales y socio-ambientales de difícil solución. Por un lado existe una exigencia de desarrollo infraestructural, pues las regiones quieren mantener o aspiran alcanzar un mayor nivel de competitividad a nivel global, pero este desarrollo puede en ocasiones perjudicar al medio ambiente y a los intereses de los habitantes afectados por las interacciones negativas del desarrollo aeroportuario. En este capítulo se postulara la interacción que se genera en la planeación aeroportuaria atreves del estudio y la intervención tanto de disciplinas como de agencias reguladoras a nivel mundial.

Cuando se realiza un análisis a corto plazo, el límite de capacidad de los aeropuertos no está tan determinado por sus características técnicas, como las infraestructuras, sino por su capacidad de «expansión ambiental», concepto que marcará sus límites de uso. Es decir, el control de los impactos socio-ambientales y la interrelación con el entorno territorial inmediato del aeropuerto se convierten en claves fundamentales para la toma de decisiones implicadas en el desarrollo y crecimiento aeroportuario.

---

Hasta tiempos recientes, las externalidades negativas generadas por proyectos de tipo infraestructural, como pueden ser la localización o expansión de un aeropuerto, se valoraban después de su realización mediante la Evaluación de Impacto Ambiental (o Evaluación de Proyectos)

Éste tipo de evaluación, al producirse posteriormente a la decisión de desarrollo, se convertía a menudo en un método para justificar las decisiones ya tomadas con principios no ambientales.

Desde principios de la década pasada, los impactos ambientales y sociales tomaron gran importancia en el tema de la planeación aeroportuaria, ya que hoy día los diseñadores de aeropuertos están conscientes que ya no solo se utiliza el término “aeropuerto” si no “ciudad aeropuerto”. Por lo que las agencias internacionales que se encargan de la normatividad del diseño, seguridad y operación aeroportuaria modificaron sus lineamientos obligando así a todos los países adscritos a la ONU en tener que adaptarse. Este proceso a sido muy complicado y hasta tortuoso no solo para el caso de México sino del mundo entero ya que para ese momento todos los aeropuertos ya estaban operando, por lo que comenzó un proceso largo y costoso para cada aeropuerto en la tierra.

En el caso específico de México el proceso de adaptación a las nuevas tecnologías y exigencias actuales no ha resultado nada fácil. Partiendo de que muchas de los aeródromos no son económicamente rentables si su propósito más bien es para generar desarrollo económico.

La presión que ejercen las organizaciones y tratados internacionales en la evaluación ambiental es un proceso que genera la evaluación de las consecuencias ambientales no solo para el presente si no para generar alternativas para el futuro. Así como de los propósitos de desarrollo incorporados en planes y programas en base a consideraciones biofísicas, económicas, sociales y políticas

---

La planificación aeroportuaria no es tarea fácil, pues el negocio aeroportuario se ve influenciado por muchas variables, la mayoría de ellas de carácter global e incontrolable y otras coyunturales del sector, que ejercen mucha presión en el momento de tomar decisiones.

Es por eso que para desarrollar de forma estratégica los aeropuertos y su entorno hay que entender primero la naturaleza económica de los aeropuertos y las normas financieras que rigen el tráfico aéreo.

### 3.1 NORMATIVIDAD APLICABLE AL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LOS AEROPUERTOS

Como ya vimos en los dos capítulos anteriores la planeación de un aeropuerto involucra a un gran número de disciplinas, consideraciones, manuales técnicos y participación de profesionales dedicados a esta área. Sin embargo cada país tiene un marco jurídico que regula la construcción, ampliación y operación de los aeropuertos. En nuestro país existen varias leyes y reglamentos, los cuales permiten a los distintos operadores ya sean particulares o federales tomar parte en la construcción, explotación, administración y operación de la infraestructura aeroportuaria, para proporcionar servicios de calidad y en condiciones de seguridad para los usuarios.

A continuación se enuncian cada una de estas leyes realizando la descripción de su contenido.

- Ley de Aeropuertos y Reglamento de la Ley de Aeropuertos

La Ley de Aeropuertos y su reglamento establecen el régimen general aplicable a la construcción, operación, mantenimiento y utilización de los aeropuertos en México. Dicha ley establece que la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) es la principal entidad reguladora del sector.

---

El propósito de la Ley de Aeropuertos es promover la expansión, el desarrollo y la modernización de la infraestructura aeroportuaria de México, estimulando la inversión y la competencia.

- Ley de Vías Generales de Comunicación

Esta ley regula el uso de las vías generales de comunicación, y los servicios que en ella se prestan, así como los actos, hechos y bienes relacionados con el comercio generado en las vías de comunicación.

- Ley de Aviación Civil

Esta Ley tiene por objeto regular la explotación, el uso o aprovechamiento del espacio aéreo situado sobre el territorio nacional, respecto de la prestación y desarrollo de los servicios de transporte aéreo civil y de Estado.

- Reglamento de la Ley de Aviación Civil

Este reglamento se enfoca puntualmente a el ordenamiento de la Ley de Aviación Civil, los puntos que trata son la descripción y alcances de los servicios que se ofrecen en los aeropuertos así de los operadores de servicios. Como es regulación de tarifas, regulación de transporte privado, responsabilidad de las aerolíneas, personal técnico y centros de formación y talleres aeronáuticos.

- Ley Federal de Derechos

La ley Federal de Derechos establece, lo que se deberá pagar por el uso o aprovechamiento de los bienes del dominio público de la Nación que en este se aplica al espacio aéreo, servicios de control aéreo y por uso de aeropuertos que son propiedad del estado.

---

Los derechos por la prestación de servicios que establece esta Ley deberán estar relacionados con el costo total del servicio, incluso si existieran costos por financiamiento.

- Ley General de Bienes Nacionales

La ley de Bienes Nacionales, describe un conjunto de políticas, criterios y mecanismos de coordinación de administración de inmuebles propiedad de la federación. En el caso de los aeropuertos se aplican procedimientos para pagos por derecho de explotación de los inmuebles ya sea que son un bien nacional o que se encuentren en el caso de concesión.

- Ley Federal de Procedimiento Administrativo

La aplicación de esta ley será a los actos, procedimientos y resoluciones de la Administración Pública Federal centralizada, donde incluye a cualquier servidor público.

La ley Federal de Procedimiento Administrativo resolverá cualquier situación generada al cumplir con el trabajo de los servidores públicos y también resolverá los casos donde los servidores públicos incurran en alguna falta, así como también en las situaciones que existan conflictos de interés . Las cuáles incluyen los procedimientos a tomar en cuestiones de conducta, de nulidad, de anulabilidad, de eficacia, de extinción del acto administrativo, procedimientos de actos administrativos, de acceso a documentación e información etc.

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización

sobre Metrología y Normalización es muy importante para la operación de la industria aeroportuaria ya que en conjunto con el Anexo 5 publicado por la OACI (unidades de medida que se emplean en las comunicaciones terrestres) ayudan a normalizar cuáles

serán los sistemas de unidades ya sea bien para equipo o para operaciones de despegue o aterrizaje.

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización tiene como objetivos fundamentales establecer el Sistema General de Unidades de Medida, precisar los conceptos fundamentales sobre metrología, establece los requisitos para la fabricación, importación, reparación, venta, verificación y uso de los instrumentos para medir y los patrones de medida, establece la obligatoriedad de la medición en transacciones comerciales y de indicar el contenido neto en los productos envasados, instituye el Sistema Nacional de Calibración etc.

Una vez vistas las leyes con aplicaciones administrativas para los aeropuertos a continuación se enuncian los principales instrumentos legales ambientales aplicables a cualquier proyecto aeroportuario en nuestro país. Dichas leyes contemplan el diseño, construcción y operación de los aeropuertos.

Tabla 9. Leyes y Reglamentos aplicable a la planeación aeroportuaria

INSTRUMENTOS DE REGULACIÓN FEDERAL	ARTICULOS
Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), publicado en el D.O.F. el 13 de diciembre de 1996	Título Primero, Capítulo IV, Sección II, Artículo 19, Sección IV, Artículo 23, Sección V, Artículos 28,30, 35. Título Cuarto, Capítulo II, Artículos 110, 111 bis , 113, 115 Capítulo III, Artículos 117, 120, 121 Capítulo IV Artículos 134, 136, 139. Capítulo VI, Artículos 150, 152 bis. Capítulo VIII Artículos 51, 52.
Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en materia de Evaluación del Impacto Ambiental	Capítulo II Artículo 5, Inciso B Capítulo III Artículos 9, 12, 14, 17, 18, 27,28 Capítulo IV Artículos 29, 30 Capítulo VII Artículos 47, 49, 50 Capítulo IX Artículos 56 y 59



Reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por la emisión de ruidos.	Capitulo II Artículo 6 Capitulo III Artículos 8, 11, 12, 15, 18, 23 y 24
Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, publicado en D.O.F. de fecha 21 de febrero de 2003	Titulo Quinto, Capítulo I, Artículo 117
Ley de Aguas Nacionales, publicada en el D.O.F. el 1 de noviembre de 1992	Titulo Cuarto Capítulo II Artículo 20, 21, 25 y 26 Capitulo III Artículos, 28 y 29 Titulo Sexto, Capitulo IV, Artículo 82 Titulo Cuarto, Capitulo Único Artículos 85, 88, 91 y 93
Ley General de vías de Comunicación publicada en el D.O.F. el 13 de enero de 1986.	Capitulo III Artículo 8 Capitulo IV Artículo 40, 41, 46, 48 y 49.
Ley de Aeropuertos, publicada en el D.O.F. el 25 de enero de 2001	Capítulo V, Artículos 37, 39 y 41 Capitulo VII, Artículos 48, 61 y 64 Capitulo X Artículo 74
Ley de Aviación Civil publicada en D.O.F. el 25 de enero de 2001	Capítulo V Artículos 34 Capitulo XII Artículo 70 Capitulo XIV Artículo 76

Tabla 10. Normas Oficiales Mexicanas aplicables a la planeación aeroportuaria

NORMAS OFICIALES MEXICANAS	DESCRIPCIÓN
NOM-001-SEMARNAT-1996	Que establece los limites máximos permisibles de contaminantes en descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
NOM-003-SEMARNAT-1997	Que establece los limites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios públicos
NOM-004-SEMARNAT-2002	Protección ambiental.- lodos y biosólido.- especificaciones y limites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final
NOM-045-SEMARNAT 1996	Que establece los niveles maximos permisibles de capacidad del humo proveniente del escape de vehiculños automototr en circulación que usan



	diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible
NOM-041-SEMARNAT 1999	Que establece los niveles maximos permisibles de emisión de gases contaminantes proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible
NOM-052-SEMARNAT 1993	Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los limites que hacen a un residuo peligros por su toxicidad al ambiente
NOM-059-SEMARNAT 2001	Protección ambiental- especies nativas de México de flora y fauna silvestre- categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo
NOM-081-SEMARNAT 1994	Que establece los limites máximos permisibles de emisión de ruido de la fuentes fijas y su método de medición
NOM-002-SCT3-2001	Que establece el contenido del Manual General de Comunicaciones
NOM-003-SCT3-2001	Que regula el uso obligatorio dentro del espacio aéreo mexicano, del equipo del equipo transportador para aeronaves, asi como los criterios para su instalación, certificación y procedimientos de operación
NOM-006-SCT3-2001	Que establece el contenido del Manuel General de Mantenimiento
NOM-0036-SCT3-2000	Que establece dentro de la Republica Mexicana los limites máximos permisibles de emisión de ruido producido por las aeronaves de reacción subsónicas, propulsadas por hélice supersónicas y helicópteros, su método de medición, asi como los requerimientos para dar cumplimiento a dichos limites
NOM-070-SCT3-2000	Que establece el uso obligatorio del sistema de advertencia de la proximidad del terreno (GPWS) en

	aeronaves de ala fija que operen en espacio aéreo mexicano, así como sus características
--	--

El compromiso que se adquiere en la construcción o la ampliación de una obra aeroportuaria es muy complicado ya que como hemos analizado hasta este capítulo los procesos de planificación no solo se enfoca a cuestiones ingenieriles, sino que también existen una serie de leyes y reglamentos a los cuales se tendrá que apegar el proyecto como se muestra en la Figura 46.

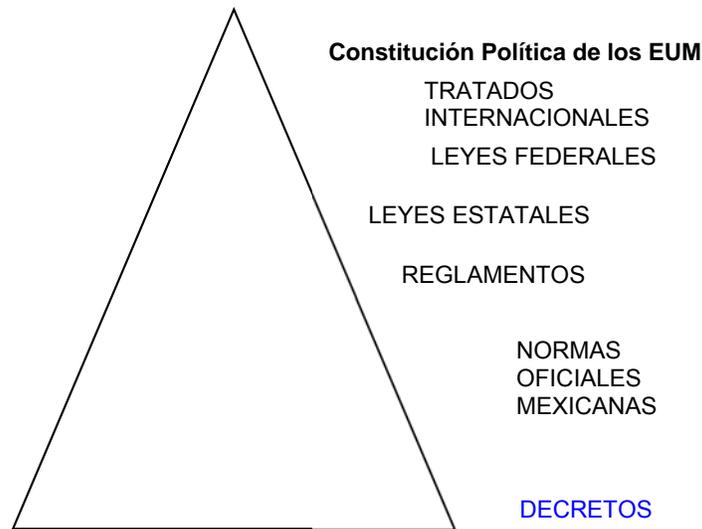


Figura 46. Ordenamiento jurídico

### 3.2 ORGANIZACIONES INTERNACIONALES PARA LA PLANEACIÓN AEROPORTUARIA.

Las organizaciones internacionales juegan un papel muy importante en la planeación y operación de un aeropuerto, ya que con los tratados internacionales se puede estandarizar

---

la operación de todos los aeropuertos del mundo. Esta normatividad internacional será aplicable a la planeación para mejorar los impactos urbanos y ecológicos.

Las obligaciones que cada proveedor de servicios aeroportuarios adscritos a la ONU tiene como finalidad a con la comunidad mundial, son de proveer servicios de navegación aérea mediante sistemas normalizados internacionalmente que tengan como propósito fundamental la seguridad de los pasajeros y aeronaves, así como también colaborar con el fin de lograr el más alto grado de uniformidad en sus reglamentaciones, normas, procedimientos y organización, en lo relacionado con aeronaves, personal, aerobias, servicios auxiliares y demás cuestiones de navegación aérea, que garanticen la seguridad al emplear el lenguaje adoptado por la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional).

A continuación se enlistan cada una de las organizaciones internacionales que tienen que ver con la planeación y operación de los aeropuertos. Así como también se mencionan los tratados más importantes a seguir por cada aeropuerto en el mundo.

#### ORGANIZACIÓN DE NACIONES UNIDAS



Las Naciones Unidas son una organización internacional fundada en 1945 tras la Segunda Guerra Mundial por 51 países que se comprometieron a mantener la paz y la seguridad internacionales, fomentar entre las naciones relaciones de amistad y promover el progreso social, la mejora del nivel de vida y los derechos humanos.

Se define como una asociación de gobierno global que facilita la cooperación en asuntos como el Derecho internacional, la paz y seguridad internacional, el desarrollo económico y social, los asuntos humanitarios y los derechos humanos.

---

## ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL



La OACI es una agencia especializada de las Naciones Unidas. Su función principal es promover la seguridad en lo que se refiere a la aviación civil internacional, las normas aprobadas y su aplicación. Interviene también en la protección del medio ambiente a partir de las actividades de aviación y se preocupa por el desarrollo integral de la aviación civil. Lleva a cabo auditorías a instalaciones, capacitación, talleres, seminarios. Coordina y facilita encuentros que reúnen a países de la región para llegar a acuerdos comunes que serán aplicados por todos. Proporciona información y asistencia técnica. Asesora identificando deficiencias y proponiendo acciones y medidas correctivas.

De no existir un organismo que coordinara a todos los países del mundo en el desarrollo de las normas que regulan su aviación civil, la diversidad e irregularidad causaría conflictos muy serios.

Estas normas son relativas, entre otros temas, a las aerolíneas, instalación de aeropuertos, servicios de tránsito aéreo.

En México, la OACI trabaja directamente con su contraparte, la Dirección General de Aeronáutica Civil.

El desafío ahora es mejorar los sistemas de navegación aérea para hacerlos más eficientes, menos costosos, más seguros y con un impacto menor sobre el medio ambiente. Fortalecer los sistemas de información aérea usando nuevas tecnologías.

Principales documentos de la OACI que tienen que ser seguidos por los aeropuertos en el mundo:

- 
- ❖ **Anexo 1.** Licencias al personal: define la expedición de las licencias de personal de vuelo, control aéreo y mantenimiento de aeronaves.

Mientras el transporte aéreo no pueda prescindir de los pilotos y demás personal de a bordo y de tierra, la competencia, pericia y formación de ellos seguirá constituyendo la garantía básica de toda explotación eficaz y segura. La formación adecuada del personal y el otorgamiento de licencias crean un sentimiento de confianza en los estados, lo que lleva al reconocimiento y aceptación a escala internacional de la competencia y licencias, y aumenta la confianza del viajero en la aviación.

Las normas y métodos recomendados relativos al otorgamiento de licencias de miembro de la tripulación de vuelo (pilotos , mecánicos de a bordo y navegantes), controlador de tránsito aéreo, operador de estación aeronáutica, técnico de mantenimiento y despachador de vuelo, figuran en este anexo.

- ❖ **Anexo 2.** Reglamento del aire: en él se fijan las reglas de vuelo visuales o instrumentales de las aeronaves.

Los viajes por vía aérea deben ser seguros y eficientes, y para ello es preciso contar, entre otros requisitos, con un conjunto de normas convenidas a escala internacional que constituyen el reglamento del aire. Las normas presentadas en este anexo comprenden las reglas generales, reglas de vuelo visual y reglas de vuelo por instrumentos contenidas.

Aplican sin excepción alguna sobre alta mar así como también sobre los territorios nacionales, en la medida en que no estén en pugna con las reglas del Estado sobrevolado. El piloto al mando de la aeronave es responsable del cumplimiento del reglamento del aire.

- ❖ **Anexo 3.** Meteorología: donde se exponen las normas para el suministro del servicio meteorológico a la navegación aérea internacional.

---

El anexo 3, obliga a los pilotos a que deben estar informados de las condiciones meteorológicas prevalecientes en las rutas que habrán de recorrer y en los aeródromos de destino.

La finalidad del servicio meteorológico prescrito en el Anexo 3 consiste en contribuir a la seguridad, eficiencia y regularidad de la navegación aérea. Para la oficina regional que proporciona a los explotadores, miembros de las tripulaciones de vuelos, dependencias de los servicios de tránsito aéreo, y de los servicios de búsqueda y salvamento, administraciones aeroportuarias y demás interesados, la información meteorológica necesaria. Por supuesto, es esencial que entre los que proporcionan y los que utilizan la información meteorológica exista una estrecha coordinación.

Generalmente, en los aeropuertos internacionales, una oficina meteorológica proporciona información meteorológica a los usuarios aeronáuticos. Los Estados facilitan instalaciones y servicios de telecomunicaciones apropiados para que dichas oficinas puedan proporcionar información a los servicios de tránsito aéreo y a los de búsqueda y salvamento. Las telecomunicaciones entre las oficinas meteorológicas y la torre de control o la oficina de control de aproximación deben ser tales que normalmente en 15 segundos se pueda establecer contacto con las dependencias necesarias.

❖ **Anexo 4.** Cartas aeronáuticas: regula las especificaciones de las cartas que se usan para la aviación internacional.

El mundo de la aviación, que, por su propio carácter, no está sujeto a límites geográficos ni políticos, exige mapas distintos de los utilizados en el transporte de superficie. Para que las operaciones aéreas sean seguras es esencial contar en todo momento con una fuente actual, completa e irrefutable de información de navegación, y las cartas aeronáuticas proporcionan un medio conveniente de suministrar esta información de manera manejable, condensada y coordinada. A pesar de que a menudo se dice que más vale una imagen que mil palabras, es posible que las complejas cartas aeronáuticas actuales valgan mucho más aún. Las cartas aeronáuticas no sólo entregan la información en dos dimensiones común en la mayor parte de los mapas, sino que a menudo representan sistemas de servicios de tránsito aéreo en

---

tres dimensiones. Casi todos los Estados de la OACI producen cartas aeronáuticas y en la mayoría de los segmentos aeronáuticos se toman como referencia para la planificación, el control de tránsito aéreo y la navegación. Si las cartas aeronáuticas no estuvieran normalizadas a escala mundial, sería difícil para los pilotos y otros usuarios de las mismas encontrar efectivamente e interpretar la importante información de navegación. Las cartas aeronáuticas confeccionadas según las normas aceptadas por la OACI contribuyen al movimiento seguro y eficiente del tránsito aéreo.

Las normas, métodos recomendados y notas explicativas del Anexo 4 definen las obligaciones de los Estados de ofrecer determinados tipos de cartas aeronáuticas de la OACI, y especifican la cobertura, el formato, la identificación y el contenido de la carta incluyendo la simbología normalizada y el color. El objetivo es satisfacer la necesidad de uniformidad y coherencia en el suministro de cartas aeronáuticas que contienen información apropiada de una calidad definida. Cuando en una carta aeronáutica se indica "OACI" en el título, quiere decir que el productor de la misma ha cumplido con las normas del Anexo 4 en general y con aquellas correspondientes a un tipo de carta de la OACI, en particular.

❖ **Anexo 5.** Unidades de medida que se emplean en las comunicaciones terrestres.

El problema de las unidades de medida que se utilizan en la aviación civil internacional se remonta a los albores de la OACI. En la Conferencia Internacional de Aviación Civil, celebrada en Chicago en 1944, los asistentes se percataron de la importancia de contar con un sistema común de mediciones y se adoptó una resolución en la que se pedía a los Estados que utilizaran el sistema métrico como patrón internacional básico.

Se creó un comité especial para estudiar esta cuestión y, a raíz de su labor, la primera Asamblea de la OACI, celebrada en 1947, adoptó una resolución (A1-35) en la que se recomendaba un sistema de unidades para que la OACI lo publicase como norma propia, tan pronto como fuese posible. El Anexo 5, que dimana de esta resolución, fue adoptado en 1948. El Anexo contenía una tabla de unidades de medida de la OACI fundada esencialmente en el sistema métrico y, además, otras cuatro tablas provisionales de unidades que emplearían los Estados que no pudiesen utilizar la tabla básica. Desde un

---

comienzo, se hizo evidente que no sería fácil normalizar las unidades de medida, y el Anexo 5 sólo se aplicó en un principio a las unidades que se empleaban en las comunicaciones entre las aeronaves y las estaciones terrestres.

Posteriormente, se trató muchas veces de aumentar el grado de normalización, llevándose a cabo varias enmiendas del Anexo 5. En 1961, ya el número de tablas de unidades del Anexo se había reducido a dos, que subsistieron hasta que se adoptó la Enmienda 13, en marzo de 1979. Esta enmienda amplió considerablemente el papel de la OACI en la normalización de las unidades de medida, de tal manera que se extiende a todos los aspectos de las operaciones aéreas y terrestres y no únicamente a las comunicaciones aeroterrestres. Con esta enmienda se implantó además el sistema internacional de unidades, “Système International d’Unités” (conocido por SI), que pasa a ser el patrón fundamental de la aviación civil.

Además de las unidades SI, la enmienda reconocía la existencia de varias unidades que no están basadas en este sistema pero que pueden emplearse permanentemente, junto con las SI, en la aviación. Entre estas unidades se encuentra el litro, el grado Celsius, el grado para la medición de los ángulos planos, etc. La enmienda reconocía también, al igual que las resoluciones pertinentes de la Asamblea de la OACI, que existen algunas unidades que no pertenecen al sistema SI pero que tienen un lugar especial en aviación, debiendo por lo tanto, subsistir, al menos temporalmente. Estas unidades son la milla marina y el nudo, así como el pie cuando se utiliza para medir la altitud, elevación o altura únicamente. El dejar de utilizar estas unidades plantea algunos problemas prácticos, por lo que todavía no ha podido fijarse una fecha de terminación.

- ❖ **Anexo 6.** Operaciones de aeronaves: establece los límites mínimos obligados de seguridad de los vuelos.

El propósito del Anexo 6 es lograr la mayor normalización posible en las operaciones de las aeronaves de transporte aéreo internacional, para alcanzar así el más alto grado de seguridad y eficacia.



---

En 1948, el Consejo adoptó por primera vez normas y métodos recomendados sobre las operaciones de las aeronaves de transporte aéreo comercial internacional. Estas normas se basaban en las recomendaciones de los Estados que asistieron a la primera reunión departamental de operaciones, celebrada en 1946, y son la base de la Parte I del Anexo 6.

Para la OACI no resulta práctico fijar un solo cuerpo de normas y reglamentaciones para las operaciones de todos los tipos de aeronaves que actualmente existen. Las aeronaves actuales comprenden tanto los aviones de las líneas aéreas comerciales como los planeadores de un solo asiento, y todas ellas atraviesan las fronteras nacionales. Durante un solo vuelo, un avión de reacción de gran alcance puede volar sobre muchas fronteras internacionales. Cada aeronave tiene sus propias características de maniobrabilidad que dependen del tipo y, además, puede estar sujeta a limitaciones operacionales específicas según las condiciones ambientales.

Por su misma naturaleza, la aviación comercial y en menor medida la aviación general exige a los pilotos y a los explotadores que se ajusten a una gran variedad de normas y reglamentos nacionales.

El Anexo 6 está destinado tanto a contribuir a la seguridad de la navegación aérea internacional, fijando los criterios que deben aplicarse para que las operaciones sean seguras, como a aumentar la eficacia y regularidad de la navegación aérea internacional, alentando a los Estados contratantes de la OACI a que faciliten el sobrevuelo por sus territorios de aeronaves comerciales de otros países que cumplen con los mencionados criterios operacionales.

❖ **Anexo 7.** Marcas de nacionalidad y matrículas de aeronaves.

La uniformización de identificación de es el objetivo del más breve de los Anexos de la OACI, que trata de las marcas de nacionalidad y de matrícula de las aeronaves, e incluye una tabla en la cual se clasifican las aeronaves de acuerdo con la forma en que se sustentan en vuelo.



---

El Anexo fija los procedimientos que deben seguir los Estados contratantes de la OACI para elegir sus marcas de nacionalidad entre los símbolos de nacionalidad incluidos en los distintivos de llamada por radio que la UIT asigna a los Estados de matrícula. Este Anexo contiene las normas sobre el uso de las letras, números y otros símbolos gráficos de las marcas de nacionalidad y matrícula, y determina el emplazamiento de los caracteres en los diferentes tipos de vehículos volantes, tales como las aeronaves más ligeras que el aire y las más pesadas que el aire.

- ❖ **Anexo 8. Aeronavegabilidad:** expone las normas para la certificación e inspección de las aeronaves.

En aras de la seguridad, toda aeronave debe diseñarse, construirse y explotarse de conformidad con los requisitos de aeronavegabilidad apropiados del Estado de matrícula de la misma. En consecuencia, respecto de la aeronave se expide un certificado de aeronavegabilidad que atestigua que está en condiciones de volar.

Para facilitar la importación y exportación de aeronaves, y su arriendo, fletamento e intercambio, y asimismo, para facilitar las operaciones internacionales de las aeronaves, en la normatividad generada en las convenciones por la OACI el Artículo 33 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional impone al Estado de matrícula la obligación de reconocer y convalidar los certificados de aeronavegabilidad expedidos por otro Estado contratante, a condición de que los requisitos, de acuerdo con los cuales se hayan expedido o convalidado dichos certificados, sean iguales o superiores a las normas mínimas que la OACI pueda promulgar en virtud del Convenio.

Se reconoce que las normas de la OACI no remplazan los reglamentos nacionales ni los códigos nacionales de aeronavegabilidad, que contienen todos los pormenores respecto a las exigencias que cada Estado desee imponer para la certificación de cada aeronave. Los Estados tienen libertad para redactar un código exhaustivo y detallado de aeronavegabilidad o para adoptar o aceptar el código promulgado por algún otro Estado contratante. El nivel de

---

aeronavegabilidad que debe exigir el código nacional se expone en las normas de carácter general del Anexo 8.

El Anexo 8 consta de cuatro partes. En la Parte I aparecen las definiciones; en la Parte II, los procedimientos para la certificación y mantenimiento de la aeronavegabilidad; en la Parte III figuran los requisitos técnicos para la certificación de los nuevos diseños de avión de grandes dimensiones; la Parte IV trata de los helicópteros.

- ❖ **Anexo 9.** Facilitación: recoge las normas de supresión de los obstáculos para el libre tránsito de pasajeros, mercancías y correo en el transporte aéreo.

Las normas y métodos recomendados sobre Facilitación del Anexo 9, provienen de diversas disposiciones del Convenio de Chicago. Según. En la convención se determinó, las normas, métodos recomendados y procedimientos internacionales que, entre otras cosas, tratan de formalidades de aduana e inmigración. Según el Artículo 22, cada Estado contratante conviene en adoptar todas las medidas posibles para facilitar y acelerar la navegación de las aeronaves entre los territorios de los Estados contratantes y para evitar todo retardo innecesario a las aeronaves, tripulaciones, pasajeros y carga, especialmente en la aplicación de las leyes sobre inmigración, sanidad, aduanas y despacho. Según los de la convención, cada Estado se compromete a establecer disposiciones de aduanas y de inmigración relativas a la navegación aérea internacional, de acuerdo con los métodos que puedan establecerse o recomendarse oportunamente en aplicación del Convenio.

El Anexo 9 es un documento de amplio alcance que refleja la flexibilidad con que la OACI se mantiene al ritmo de la aviación civil internacional. Se reconoce que la OACI ha sido el primer organismo internacional que ha tomado una iniciativa eficaz con respecto a la facilitación mediante la elaboración de normas que obligan a sus Estados contratantes.

---

El Anexo 9 ofrece a los planificadores y administradores de las operaciones aeroportuarias internacionales un marco en el cual se describen los límites máximos en cuanto a las obligaciones del sector y las instalaciones mínimas que deben proporcionar los gobiernos. Asimismo, en el Anexo 9 se prescriben métodos y procedimientos para llevar a cabo las operaciones de despacho de manera que se satisfagan los objetivos de cumplimiento efectivo de las leyes de los Estados y de productividad de los explotadores, aeropuertos y entidades de inspección gubernamentales que participan.

❖ **Anexo 10.** Telecomunicaciones: unifica los procesos de comunicaciones aeronáuticas.

El Volumen I del Anexo 10 es un documento técnico en el cual se definen, para las operaciones de aeronaves internacionales, los sistemas que proporcionan las radio ayudas para la navegación que utilizan las aeronaves en todas las fases de vuelo.

En el Anexo 10 se proporcionan las especificaciones de los parámetros esenciales de las radio ayudas para la navegación como el sistema mundial de navegación por satélite, (GNSS), el sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS), el sistema de aterrizaje por microondas (MLS), el radiofaro omnidireccional (VOR) en muy altas frecuencias (VHF), el radiofaro no direccional (NDB) y el equipo radio telemétrico (DME). La información de este anexo incluye aspectos de los requisitos de potencia, frecuencia, modulación, características de la señal y vigilancia para asegurar que las aeronaves adecuadamente equipadas puedan recibir señales de navegación en todo el mundo con el grado necesario de fiabilidad.

En los Volúmenes II y III se abordan las dos categorías generales de comunicaciones orales y de datos que se utilizan en la aviación civil internacional.

Se trata de las comunicaciones tierra-tierra entre puntos en tierra y de comunicaciones aire-tierra entre las aeronaves y puntos en el terreno. Las comunicaciones aire-tierra proporcionan a las aeronaves toda la información necesaria para realizar los vuelos con seguridad, utilizando tanto voz como datos.

---

En el Volumen II del Anexo 10, se presentan los procedimientos de carácter general, administrativo y operacional que corresponden a las comunicaciones aeronáuticas fijas y móviles.

En el Volumen III del Anexo 10 figuran textos de orientación relativos a diversos sistemas de comunicaciones orales y de datos aire-tierra y tierra-tierra, comprendida la red de telecomunicaciones aeronáuticas (ATN), el servicio móvil aeronáutico por satélite (SMAS), el enlace aeroterrestre de datos del radar secundario de vigilancia (SSR) en Modo S, el enlace digital aeroterrestre en muy altas frecuencias (VHF) (VDL), la red de telecomunicaciones fijas aeronáuticas (AFTN), el sistema de direccionamiento de aeronaves, el enlace de datos de alta frecuencia (HFDDL), el servicio móvil aeronáutico, el sistema de llamada selectiva (SELCAL), los circuitos orales aeronáuticos y los transmisores de localización de emergencia (ELT).

El Volumen IV del Anexo 10 contiene textos de orientación sobre el sistema de radar secundario de vigilancia (SSR) y el sistema anticolidión (ACAS), e incluye SARPS para el SSR en Modo A, Modo C y Modo S y las características técnicas.

En el Volumen V del Anexo 10 se definen textos de orientación sobre la utilización de las frecuencias aeronáuticas. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha establecido el marco en el cual las necesidades en materia de espectro de radiofrecuencias de los Estados se equilibran con los intereses de los usuarios de los servicios de radiocomunicaciones para producir un entorno de radiocomunicaciones planificado que permita la utilización sin interferencias, efectiva y eficaz del espectro de radiofrecuencias. El Volumen V contiene información sobre la planificación de asignaciones de las estaciones de radiocomunicaciones aeronáuticas que funcionan o que funcionarán en las diferentes bandas de frecuencias.

- ❖ **Anexo 11.** Servicios de Tránsito: relativo al establecimiento y mantenimiento de los servicios de control y tránsito aéreo.

---

El control del tránsito aéreo era casi desconocido en 1944. Hoy día, el control del tránsito aéreo, los servicios de información de vuelo y de alerta, que en conjunto forman los servicios de tránsito aéreo, son uno de los elementos terrestres de apoyo esenciales para la seguridad y eficiencia de las actividades del tránsito aéreo en el mundo. En el Anexo 11 se definen los servicios de tránsito aéreo y especifica cuáles son las normas y métodos recomendados de carácter mundial.

El espacio aéreo del mundo se divide en regiones de información de vuelo (FIR) contiguas, dentro de las cuales se prestan servicios de tránsito aéreo. En algunos casos, las regiones de información de vuelo abarcan grandes zonas sobre los océanos con escasa densidad de tránsito aéreo, dentro de las cuales sólo se prestan servicios de información y de alerta. En otras regiones de información de vuelo, buena parte del espacio aéreo es controlado, es decir, se presta dentro de él un servicio de control de tránsito aéreo además de los servicios de información de vuelo y de alerta.

El objetivo primordial de los servicios de tránsito aéreo, como se define en el Anexo, es impedir que se produzcan colisiones entre las aeronaves, sea en el rodaje en el área de maniobras, en el despegue, el aterrizaje, en ruta o en el circuito de espera en el aeropuerto de destino. El Anexo se ocupa también de los medios necesarios para conseguir un tránsito aéreo expedito y ordenado y de proporcionar asesoría e información para la realización segura y eficiente de los vuelos, y del servicio de alerta para las aeronaves en peligro. Las disposiciones de la OACI prevén que para lograr estos objetivos hay que establecer centros de información de vuelo y dependencias de control del tránsito aéreo.

- ❖ **Anexo 12.** Búsqueda y salvamento: define la organización y funcionamiento de este tipo de servicios.

---

Los servicios de búsqueda y salvamento están organizados para responder a personas aparentemente en peligro o en necesidad de ayuda. Para ubicar rápidamente a los supervivientes de los accidentes de aviación, se han incorporado en el Anexo 12 de la OACI — Búsqueda y salvamento (SAR) — normas y métodos recomendados de aceptación internacional.

El Anexo, complementado por las tres partes del Manual de búsqueda y salvamento, que se refieren a la organización, la gestión y los procedimientos SAR, contiene las disposiciones para el establecimiento, mantenimiento y funcionamiento de los servicios de búsqueda y salvamento de los Estados contratantes de la OACI, tanto en sus territorios como en alta mar. Las primeras propuestas sobre el Anexo 12 se hicieron en 1946. En 1951 se revisaron y modificaron para satisfacer las necesidades de la aviación civil internacional, y finalmente estas propuestas tomaron forma de normas y métodos recomendados con la primera edición del Anexo.

El Anexo tiene cinco capítulos que tratan detalladamente de la organización y de los principios de cooperación apropiados para que las operaciones SAR sean eficaces, describe las medidas preparatorias necesarias y establece los procedimientos adecuados para los servicios SAR en emergencias reales.

Uno de los primeros aspectos abordados en el capítulo sobre organización es la necesidad de que los Estados proporcionen servicios SAR dentro de sus territorios y en las zonas de alta mar o de soberanía indeterminada según lo dispuesto en los acuerdos regionales de navegación aérea aprobados por el Consejo de la OACI. En este capítulo se aborda además el establecimiento de las dependencias SAR móviles, los medios de comunicación que deben existir entre ellas y la designación de otros elementos de los servicios públicos o privados que se encargan de actividades de búsqueda y salvamento.

Las disposiciones relativas a requisitos de equipo de las dependencias de salvamento reflejan la necesidad de prestar la debida asistencia en el lugar de los accidentes,

---

teniendo en cuenta el número de pasajeros afectados. La cooperación entre los servicios SAR de los Estados vecinos es esencial para el buen funcionamiento de las operaciones SAR. Este importante aspecto es objeto del Capítulo 3, el cual exige a los Estados contratantes de la OACI que publiquen y difundan toda la información necesaria para la entrada rápida a sus territorios de las brigadas de salvamento provenientes de otros Estados. Se recomienda también que las brigadas de salvamento vayan acompañadas por personas capaces de llevar a cabo la investigación de los accidentes de aviación, para facilitar la labor.

El Capítulo 4 que se refiere a los procedimientos preparatorios, establece los requisitos del cotejo y la publicación de la información que los servicios SAR necesitan. Aquí se especifica que deben prepararse planes detallados para realizar las operaciones SAR y se indica la información que debe incluirse en los planes.

También se especifican las medidas preparatorias que las brigadas de salvamento deben emprender, los requisitos de instrucción y el retiro de los restos de la aeronave. Las operaciones de búsqueda y salvamento constituyen una actividad dinámica que requiere procedimientos uniformemente completos que sean suficientemente flexibles para satisfacer necesidades extraordinarias. Empezando con el requisito de identificar y categorizar la situación de emergencia, en el Capítulo 5 se describen detalladamente las medidas que deben adoptarse en cada categoría de suceso.

Las situaciones de emergencia se categorizan definiendo tres fases distintas. La primera es la “fase de incertidumbre” que habitualmente se declara cuando se ha perdido el contacto con la aeronave y no puede restablecerse, o bien cuando una aeronave no llega a su destino. Durante esta fase, el centro coordinador de salvamento (RCC) correspondiente puede entrar en funciones. El RCC recopila y evalúa los informes y los datos relativos a la aeronave en cuestión.

---

Dependiendo de la situación, a veces de la fase de incertidumbre se pasa a la “fase de alerta”, en la cual el RCC da la alerta a las dependencias SAR pertinentes e inicia otras medidas.

La “fase de peligro” se declara cuando hay indicios razonables de que una aeronave está en peligro. En esta fase, el RCC es responsable de adoptar las medidas para ayudar a la aeronave y determinar su ubicación lo antes posible. De conformidad con un conjunto de procedimientos preestablecidos, se informa al respecto al explotador de la aeronave, al Estado de matrícula, las dependencias pertinentes de los servicios de tránsito aéreo, los RCC contiguos y las autoridades competentes de investigación de accidentes. Se coordina un plan de acción para efectuar la operación de búsqueda y salvamento.

- ❖ **Anexo 13.** Encuesta de accidentes de aviación: normaliza la investigación y los informes de accidentes.

Las causas de los accidentes e incidentes graves de aviación deben investigarse para impedir que se repitan. La determinación de las causas se lleva a cabo de mejor manera si la investigación es adecuada.

En el Anexo 13 figuran los requisitos internacionales para la investigación de accidentes e incidentes de aviación.

Este Anexo se ha descrito de manera fácil de entender para todos los participantes en la investigación. Por eso, sirve como documento de referencia para que los individuos a los que se recurre en cualquier parte del mundo, a menudo sin darles tiempo de prepararse, puedan abordar los numerosos aspectos de la investigación de un accidente o incidente grave de aviación. Por ejemplo, en el Anexo se nombran explícitamente los Estados que pueden participar en la investigación, como el Estado del suceso, el de matrícula, el del explotador, el de diseño y el de fabricación.

---

Además, en el Anexo se definen los derechos y obligaciones de dichos Estados. La novena edición del Anexo 13 tiene ocho capítulos, un apéndice y cuatro adjuntos. Los tres primeros capítulos abarcan definiciones, aplicación y generalidades. En el Capítulo 3 se incluye la protección de las pruebas y la responsabilidad del Estado del suceso con respecto a la custodia y traslado de la aeronave. Asimismo, se define la forma en que el Estado debe manejar las solicitudes de otros Estados con respecto a participar en la investigación.

En caso de un suceso, es preciso notificar al respecto a todos los Estados que puedan participar en la investigación.

Los procedimientos para la notificación figuran en el Capítulo 4. En este capítulo se describe la responsabilidad de llevar a cabo una investigación según el lugar del suceso, es decir, en el territorio de un Estado contratante de la OACI, en el territorio de un Estado que no es Estado contratante de la OACI, o fuera del territorio de cualquier Estado contratante de la OACI. Después de la notificación oficial de la investigación a las autoridades pertinentes, en el Capítulo 5 se aborda la investigación. La responsabilidad por la investigación corresponde al Estado en el cual ocurrió el accidente o incidente. Habitualmente ese Estado lleva a cabo la investigación, pero puede delegar, total o parcialmente la realización de tal investigación en otro Estado. Si el suceso se produce fuera del territorio de cualquier Estado, el Estado de matrícula asume la responsabilidad de realizar la investigación.

El Estado de matrícula, el Estado del explotador, el Estado de diseño y el Estado de fabricación que participan en una investigación tienen derecho a nombrar un representante acreditado para tomar parte en la misma. También podrán nombrarse asesores para ayudar a los representantes acreditados. El Estado que realiza la investigación puede recurrir a la mejor pericia técnica disponible de cualquier fuente para ayudar en la investigación.

---

La investigación incluye la recopilación, registro y análisis de toda la información pertinente; la determinación de las causas; la formulación de las recomendaciones de seguridad pertinentes y el informe final.

El Capítulo 6 contiene las normas y métodos recomendados relativos a la preparación y publicación del informe final de la investigación. El formato recomendado para el informe final figura en el apéndice del Anexo.

El Capítulo 7 incluye los requisitos de notificación del sistema ADREP que se satisfacen mediante el informe preliminar y el informe de datos sobre accidentes/incidentes de aviación.

En el Capítulo 8 se abordan las medidas necesarias para prevenir los accidentes. Las disposiciones de este capítulo abordan los sistemas de notificación de incidentes, tanto obligatorios como voluntarios, y la necesidad de que haya un entorno sin sanciones para la notificación voluntaria de riesgos en materia de seguridad.

Seguidamente, se describen los sistemas de bases de datos y la forma de analizar la información de seguridad contenida en dichas bases para determinar las medidas preventivas. Finalmente, se recomienda a los Estados promover el establecimiento de redes para compartir información de seguridad con el objeto de facilitar el libre intercambio de información sobre las deficiencias reales y posibles en materia de seguridad operacional. Los procedimientos descritos en este capítulo forman parte del sistema de gestión de la seguridad cuyo objetivo es reducir el número de accidentes e incidentes graves en todo el mundo.

❖ **Anexo 14. Aeródromos:** especifica los requisitos de las instalaciones aeroportuarias.

La peculiaridad del Anexo 14 es la gran variedad de temas de qué trata, que van desde la planificación de aeropuertos y helipuertos hasta detalles como el tiempo que deben tardar en entrar en servicio las fuentes secundarias de energía eléctrica; desde

---

aspectos de ingeniería civil hasta la iluminación; desde la provisión de los más modernos equipos de salvamento y extinción de incendios hasta los requisitos más sencillos para reducir el peligro que representan las aves en los aeropuertos.

El impacto de todos estos temas del Anexo se intensifica debido a la rápida evolución de la industria aeronáutica, uno de cuyos pilares son los aeropuertos. Los nuevos modelos de aeronaves, el aumento de las operaciones y concretamente de las que se realizan en condiciones de visibilidad cada vez más deficiente y los adelantos tecnológicos en materia de equipo aeroportuario, se combinan para hacer del Anexo 14 uno de los documentos que hay que actualizar con más frecuencia. En 1990, después de 39 enmiendas, el Anexo fue dividido en dos volúmenes, el Volumen I en el que se abordan el diseño y operaciones de aeródromos y el Volumen II que trata del diseño de helipuertos.

El índice del Volumen I refleja, en mayor o menor medida, la planificación y diseño, así como la explotación y el mantenimiento de los aeródromos. El corazón de un aeropuerto es la vasta área de movimiento que se extiende desde la pista pasando por las calles de rodaje y siguiendo hasta la plataforma. Las grandes aeronaves modernas exigen un diseño muy riguroso de esas instalaciones. Las disposiciones relativas a sus características físicas, es decir, anchura, pendientes de sus superficies y distancias de separación de otras instalaciones, forman una parte principal de este Anexo. En él figuran disposiciones relativas a nuevas instalaciones, desconocidas en los orígenes de la OACI, por ejemplo, las áreas de seguridad de extremo de pista, las zonas libres de obstáculos, y las zonas de parada. Estas instalaciones constituyen los elementos básicos que determinan la forma y dimensiones generales del aeropuerto y, partiendo de ellas, los ingenieros pueden diseñar el esqueleto básico estructural. Además de definir el entorno terrestre de un aeropuerto, es necesario contar con disposiciones que definan sus requisitos de espacio aéreo. Los aeropuertos deben disponer de un espacio aéreo libre de obstáculos para que las aeronaves puedan entrar y salir de él de manera segura. Es también importante que este espacio esté

---

definido para poder protegerlo, a fin de asegurar la existencia y ampliación paulatina del aeropuerto.

Como dice el Anexo, proteger para “evitar que los aeropuertos queden inutilizados por la multiplicidad de obstáculos mediante una serie de superficies limitadoras de obstáculos que marquen los límites hasta donde los objetos puedan proyectarse en el espacio aéreo, creando así una zona despejada de obstáculos para los vuelos”.

El Anexo clasifica los requisitos atinentes a las superficies limitadoras de obstáculos, así como sus dimensiones, en función de los tipos de pista.

- ❖ **Anexo 15.** Servicios de información aeronáutica: trata de los métodos de recopilación y difusión de la información aeronáutica.

Una de las actividades auxiliares de la aviación civil internacional, más vitales y menos conocidas, es la desplegada por los servicios de información aeronáutica (AIS). El objeto del servicio de información aeronáutica es asegurar el flujo de información necesaria para la seguridad, regularidad y eficiencia de la navegación aérea internacional.

En el Anexo 15 se define la manera en que los servicios de información aeronáutica reciben y originan, cotejan o reúnen, editan, formatean, publican o almacenan y distribuyen información y datos aeronáuticos concretos. El propósito es satisfacer la necesidad de uniformidad y coherencia en la entrega de información/datos aeronáuticos que se requiere para las operaciones de la aviación civil internacional.

El Anexo 15 tiene sus raíces en el Artículo 37 del Convenio de Chicago. Las primeras especificaciones del Anexo fueron elaboradas por el Comité de Aeronavegación (actualmente Comisión de Aeronavegación) de la OACI, a raíz de las recomendaciones de diversas conferencias regionales de navegación aérea, y se

---

publicaron por orden del Consejo Procedimientos para los servicios de información internacional a los aviadores, en 1947.

La expresión “servicios de información internacional a los aviadores” dio origen a una de las primeras siglas aeronáuticas.

En el transcurso de los años, el Anexo 15 se ha actualizado mediante un total de 33 enmiendas, a fin de satisfacer la rápida evolución de los viajes por vía aérea y de la información tecnológica conexas. En los últimos años, las enmiendas del Anexo 15 han reflejado la necesidad cada vez más intensa de contar oportunamente con información aeronáutica y datos sobre el terreno de calidad ya que se han vuelto críticos para los sistemas de navegación de a bordo que dependen de ellos.

Actualmente el Anexo incluye numerosas disposiciones destinadas a evitar datos aeronáuticos dañados o erróneos que pueden afectar a la seguridad de la navegación aérea.

El explotador de cualquier tipo de aeronave, ya sea que se trate de una pequeña aeronave privada o de una gran aeronave de transporte, debe tener a su disposición una variedad de información relativa a las instalaciones y servicios de navegación aérea que prevé utilizar. Por ejemplo, el explotador debe conocer la reglamentación sobre el ingreso y el tránsito en el espacio aéreo de cada Estado en que se llevarán a cabo las operaciones, al igual que los aeródromos, helipuertos, ayudas para la navegación, servicios meteorológicos, servicios de comunicaciones y servicios de tránsito aéreo que están en servicio con los procedimientos y reglamentos que les corresponden.

Asimismo el explotador debe enterarse, a menudo con muy poca antelación, de cualquier cambio que afecte al funcionamiento de las instalaciones y servicios mencionados y debe saber de cualquier restricción del espacio aéreo o peligro que

---

pueda afectar a sus vuelos. Generalmente esta información se proporciona antes del despegue, pero en algunos casos, debe entregarse durante el vuelo.

- ❖ **Anexo 16.** Protección del medio ambiente: relativo a la emisión y medición del ruido de los motores de las aeronaves.

El Anexo 16 trata de la protección del medio ambiente contra los efectos del ruido y de las emisiones de los motores de las aeronaves.

El ruido de las aeronaves ya era motivo de preocupación durante los años en que se estaba formando la OACI, si bien entonces no se trataba más que del ruido causado por las hélices, cuando sus extremos rotaban a una velocidad cercana a la del sonido. Esta preocupación aumentó con la introducción de la primera generación de reactores a principios del decenio de 1960 y cobró nuevas dimensiones al aumentar el número de aeronaves de reacción y los servicios internacionales.

Entre otros factores, el ruido de las aeronaves varía en función de la potencia de los motores que impulsan a los aviones en la atmósfera. Es decir, a menos potencia, menos ruido, aunque al mismo tiempo la reducción de la potencia puede afectar a las características de las que depende la seguridad de la aeronave de reacción.

El Anexo 16, que trata diversos aspectos de los problemas ocasionados por el ruido de las aeronaves, fue adoptado en 1971 siguiendo las recomendaciones de la Conferencia especial sobre el ruido de las aeronaves en las proximidades de los aeródromos de 1969. Entre estos aspectos se incluyeron los procedimientos para describir y medir el ruido de las aeronaves; la tolerancia humana de dicho ruido; la homologación acústica de las aeronaves; los criterios para la formulación de procedimientos para atenuar el ruido de las aeronaves; el control de la utilización de los terrenos; y los procedimientos de atenuación del ruido durante la prueba de los motores en tierra.

---

El Volumen I del Anexo 16, contiene las disposiciones relativas al ruido de las aeronaves y el Volumen II, las correspondientes a las emisiones de los motores.

❖ **Anexo 17.** Seguridad: para la protección de la aviación civil internacional.

El drástico aumento de la violencia criminal que afectó negativamente a la seguridad de la aviación civil durante el decenio de 1960 motivó un período de sesiones extraordinario de la Asamblea de la OACI, en junio de 1970. Una de sus resoluciones pedía disposiciones en los Anexos existentes, para tratar concretamente el problema de la interferencia ilícita, en particular el apoderamiento ilícito de aeronaves. Basándose en la labor de la Comisión de Aeronavegación, el Comité de Transporte aéreo, y el Comité sobre Interferencia ilícita, el 22 de marzo de 1974 el Consejo adoptó normas y métodos recomendados sobre seguridad y se las designó como Anexo 17 — Seguridad. Este Anexo establece las bases del programa OACI de seguridad de la aviación civil y tiene por objeto salvaguardar la aviación civil y sus instalaciones y servicios contra los actos de interferencia ilícita. Las medidas adoptadas por la OACI para evitar y suprimir todos los actos de interferencia ilícita contra la aviación civil en el mundo tienen una importancia crucial para el futuro de la aviación civil y toda la comunidad internacional.

El Anexo 17 se ocupa esencialmente de aspectos administrativos y de coordinación, así como de las medidas técnicas para proteger la seguridad del transporte aéreo internacional y en él se requiere las que cada Estado contratante establezca su propio programa de seguridad de la aviación civil, incorporando las medidas de seguridad suplementarias que puedan proponer otros órganos competentes.

Otro de los objetivos del Anexo 17 es coordinar las actividades de quienes participan en los programas de seguridad. Se reconoce que los explotadores de líneas aéreas tienen la responsabilidad primordial de proteger a sus pasajeros, bienes e ingresos, y, por esto, los Estados deben cerciorarse de que los transportistas preparan y ponen

---

en ejecución programas complementarios y eficaces de seguridad que sean compatibles con aquellos de los aeropuertos desde los cuales explotan sus servicios.

Algunas de las especificaciones del Anexo 17 y de otros Anexos reconocen que no es posible lograr la seguridad absoluta. Sin embargo, los Estados deben cerciorarse de que la seguridad de los pasajeros, tripulación, personal de tierra, y el público en general constituye la consideración primordial de las medidas de salvaguardia que inicien. Se insta a los Estados a adoptar medidas para la protección de los pasajeros y la tripulación de las aeronaves ilícitamente desviadas de ruta, hasta que sea posible proseguir el viaje.

El Anexo se mantiene en revisión constante para asegurar que las especificaciones sean vigentes y efectivas. Como en este documento se establecen las normas mínimas de seguridad de la aviación a escala mundial, se somete a un examen a fondo antes de introducir cambios, adiciones o supresiones.

❖ **Anexo 18.** Transporte sin riesgo de mercancías peligrosas

Más de la mitad de la carga transportada en todo el mundo por los distintos medios de transporte, es carga peligrosa, es decir, artículos explosivos, corrosivos, inflamables, tóxicos y radiactivos. Estas mercancías peligrosas son esenciales para una gran variedad de necesidades y procesos en el plano global de la industria, del comercio, de la medicina y de la investigación.

Gracias a las ventajas que ofrece el transporte aéreo, una gran parte de esta carga peligrosa se desplaza por vía aérea. La OACI reconoce la importancia de este tipo de carga y ha adoptado medidas para que sea transportada con la máxima seguridad. Así pues, ha adoptado el Anexo 18, junto con el documento afín Instrucciones Técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea. Si bien han existido otros códigos para reglamentar el transporte de mercancías peligrosas por vía aérea, no se aplicaban o eran difíciles de imponer en el plano

---

internacional y, además, eran incompatibles con los reglamentos de otros medios de transporte.

En el Anexo 18 se especifican las normas y métodos recomendados generales que se han de seguir para poder transportar sin riesgo mercancías peligrosas. El Anexo contiene disposiciones bastante estables, que sólo exigirán modificaciones esporádicas utilizando el procedimiento normal de enmienda de los Anexos. Según el anexo, los Estados contratantes deben también observar las disposiciones de las Instrucciones Técnicas, que contienen las múltiples y minuciosas instrucciones necesarias para la manipulación correcta de la carga peligrosa. Estas disposiciones deben actualizarse con frecuencia, a medida que surgen novedades en las industrias química, de fabricación y de embalajes, y el Consejo ha determinado un procedimiento especial que permite revisar y reeditar regularmente las Instrucciones Técnicas, para mantenerlas al día con respecto a los nuevos productos y adelantos de la técnica.

Los requisitos de la OACI en materia de mercancías peligrosas han sido elaborados, en gran medida, por un grupo de expertos que se creó en 1976. Este grupo sigue reuniéndose y recomienda las revisiones necesarias de las Instrucciones Técnicas.

El empleo de estos principios comunes en todos los medios de transporte permite trasladar la carga de manera segura y fácil por vía aérea, marítima, ferroviaria y por carretera.

## ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE TRANSPORTE AÉREO



La Asociación de Transporte Aéreo Internacional, Se fundó en La Habana, Cuba, en abril de 1945. Es el instrumento para la cooperación entre aerolíneas, promoviendo la seguridad, fiabilidad, confianza y economía en el transporte aéreo en beneficio de los consumidores de todo el mundo.

---

Funciones:

- Dentro de sus objetivos tiene el fomentar el transporte aéreo seguro, regular y económico para así lograr un comercio aéreo ágil garantizando la solución de problemas referentes al mismo, al igual que garantizar el beneficio de los usuarios.
- Impulsar el desarrollo del transporte aéreo internacional, logrando la agilidad de las transacciones comerciales que son el resultado de las relaciones comerciales entre Estados.
- Garantiza los medios para lograr la cooperación entre las empresas de transporte aéreo quienes están al servicio del transporte aéreo internacional.
- Crea normas reguladoras y facilitadoras del tráfico aéreo internacional garantizando evitando la competencia nociva entre las compañías miembros.
- Cooperar con otros organismos internacionales como la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional) para lograr su participación en las actividades desarrolladas garantizando su mejor cumplimiento.
- Brindar la información necesaria a los gobiernos sobre la industria de la aviación.

Para los gobiernos, la IATA es el instrumento de elaboración de las normas de la industria y, cuando es necesario, de coordinación de las tarifas y fletes internacionales

Todos los miembros intervienen en las actividades de carácter profesional de la Asociación, mientras que la participación en las actividades de coordinación de las tarifas y fletes internacionales es facultativa.

Las actividades básicas de carácter profesional comprenden todos los aspectos técnicos, médicos y jurídicos, así como los procedimientos de seguridad y asuntos administrativos.

Las actividades denominadas de carácter profesional, constituyen la espina dorsal de un sistema mundial integrado que beneficia tanto al público como a las líneas aéreas, sean o no miembros de la IATA.



---

Las actividades de coordinación de tarifas comprenden la negociación de tarifas de pasajeros y de carga, derechos y cuantía de la comisión de los agentes de ventas, supeditadas al examen y aprobación gubernamental.

La información empresarial, formación de personal, proyectos de automatización y servicios de financiamiento para las líneas aéreas forman también parte de la labor de la IATA.

Congrega aproximadamente 280 aerolíneas, incluyendo las más grandes del mundo, sus operaciones de las aerolíneas miembros significan el 95% del tráfico regular internacional.

“ACI” CONSEJO INTERNACIONAL DE AEROPUERTOS



La ACI representa los intereses de los operadores aeroportuarios. Fundada en 1991, su objetivo primordial es promover la cooperación entre los aeropuertos miembros y demás socios dentro de la industria aeroportuaria y de la aviación civil.

Actualmente, ACI cuenta con más de 577 miembros que operan más de 1689 aeropuertos en 179 países en todo el mundo. A través de esta cooperación, el objetivo de ACI es brindar apoyo para que el sistema aeroportuario sea seguro, estable, eficiente y compatible con el medio ambiente

La ACI defiende los intereses colectivos de los administradores aeroportuarios y actúa como la voz de las distintas regiones del mundo en función de políticas y necesidades a implementar, al igual que promueve la excelencia profesional en la gestión y operación de los aeropuertos.

---

El principal objetivo de la ACI es fomentar la cooperación entre los aeropuertos miembros y los demás socios dentro de la industria de la aviación en todo el mundo, entre los que se encuentran los gobiernos, las líneas aéreas y los fabricantes de aeronaves.

A través de esta cooperación inter institucional la ACI copera al crear un sistema de transporte aéreo seguro física y operacionalmente, que también sea eficiente y compatible con el medio ambiente.

Los objetivos que de la ACI son maximizar la contribución de los aeropuertos para desarrollar y mantener una industria segura y viable de una manera responsable y sostenible.

La ACI se a fijado como uno de sus objetivos primordiales Influenciar sobre normas, políticas, prácticas de carácter internacional, regional o nacional basados en políticas establecidas que representen las prioridades e intereses de los aeropuertos. Así como colaborar en el desarrollo del sistema de aviación por medio de la concienciación pública sobre la importancia económica y social del desarrollo del transporte aéreo. La ACI Provee de liderazgo en las operaciones y administración aeroportuarias a través del desarrollo de estándares técnicos globales y/o prácticas recomendadas con el objetivo de maximizar la cooperación y cooperación mutua entre los aeropuertos.



## FEDERACION INTERNACIONAL DE ASOCIACIONES DE PILOTOS DE LINEAS AÉREAS

La Federación Internacional de Asociaciones de Pilotos de Línea Aérea (IFALPA) fue fundada en una conferencia internacional de asociaciones de pilotos realizada en Londres en abril de 1948. Se estableció con la convención de que a medida que la aviación comercial pasaba a ser más internacional, los pilotos necesitarían una organización a través de la cual expresar sus opiniones sobre asuntos importantes de seguridad aeronáutica y aspectos operacionales. IFALPA representa actualmente más de 100 000 pilotos profesionales de 95 países.

La misión de IFALPA es ser la voz mundial de los pilotos de línea aérea que promueve los mayores niveles de seguridad operacional en todo el mundo y proporciona servicios, apoyo y representación a todas sus asociaciones miembros.

El trabajo que realiza IFALPA en la representación de los pilotos es en colaboración con todas las organizaciones mundiales dedicado a la industria aeroportuaria. Virtualmente todas las partes de las especificaciones operacionales de la OACI han sido incluidas en alguna medida por representantes de los pilotos en IFALPA. La colaboración de IFALPA es evidente en la redacción de secciones completas de varios Anexos que se adoptaron por parte de la OACI.

### **Principales aportaciones de la IFALPA en la industria de la aviación**

- Iluminación del eje para aproximaciones e instrumentación en el puesto de pilotaje. En 1953, la OACI adoptó una serie de normas para la iluminación del eje para aproximaciones a las cuales IFALPA contribuyó notablemente. Dos años después, como

---

resultado de una investigación de un accidente, la IFALPA participo en gran medida en la elaboración de comparadores de instrumentos. En un corto plazo, el grupo de estudio sobre normalización del puesto de pilotaje, de IFALPA, adopto la disposición de instrumentos en “T básica” como su política y convenio a la OACI a transformar ese diseño en una norma mundial para la disposición de los instrumentos en el puesto de pilotaje.

- **Señalización de Aeródromos**

La señalización normalizada que se ve en todo el mundo actualmente es otro aspecto de seguridad al en la que IFALPA ha contribuido y que se ha adoptado en última instancia por la OACI como norma internacional. Esta norma fue una considerable mejora de las ayudas para la navegación en el rodaje y sin duda ha evitado muchas colisiones en tierra provocadas por falta de orientación en la superficie del aeropuerto.

- **RVSM y ACAS**

En colaboración con la OACI, IFALPA participo en la introducción inicial de las mínimas reducidas de separación vertical (RVSM) en el Atlántico septentrional, y su posterior implantación por Eurocontrol en el espacio aéreo interior de Europa. Para tratar los riesgos de la colisiones en vuelo.

- **Iluminación de aproximación y de pista**

Desde el decenio de 1950, el progreso en la iluminación ha sido continuo y, en gran medida, resultado de la plena cooperación entre IFALPA, IATA y los Estados contratantes de la OACI. IFALPA a través de la participación de los pilotos contribuyo a las mejoras en las pistas, desde la iluminación de aproximación a los indicadores de aproximación visual, y desde las luces de pista estrecha a, finalmente, la iluminación de calles de rodajes.

- **Seguridad**

Después de los sucesos del 11 de septiembre de 2001, IFALPA pasó a ser miembro del grupo de acción mundial en seguridad de la aviación (GASAG), un grupo de la industria



---

establecido para coordinar los portes de la industria aeronáutica mundial y efectivo y garantizar la confianza del público en la aviación civil. GASAG fue fundamental en proporcionar un panorama consolidado de las mejoras de la seguridad de la aviación, en particular con respecto a las puertas del puesto de pilotaje, los guardias de abordaje y aspectos de instrucción.

- **Planificación de aeropuertos para el futuro**

Una contribución importante de IFALPA fue al efectuar importantes aportes en cuanto al diseño del nuevo aeropuerto de Hong Kong en Chek Lap Kok (CLK), incluyendo las denominaciones de los puestos de parada, señalización de plataforma y ayuda visuales y también contribuyó al sistema de guía de atraque en dicho aeropuerto. IFALPA como organismo que capitaliza las experiencias y conocimientos de los pilotos de todo el mundo ha influido en otros aeropuertos gracias a su extensa labor desarrollada por comités y asociaciones locales de pilotos en relación con los aeropuertos internacionales.

#### **4. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES PARA “CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LAS FRANJAS DE SEGURIDAD DE LA PISTA 11-29 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE COZUMELL”**

Hoy día es importante para la industria aeronáutica armonizar el desarrollo aeroportuario y la conservación del medio ambiente. Para ello, mediante un programa de protección ambiental se puede identificar las fuentes de contaminación, capacitación del personal y acciones para corregir los impactos ambientales generados y evitar que se repitan.

De esta manera se puede pretender que las instalaciones de un aeropuerto reflejen el cumplimiento de la normatividad ambiental y cuenten con los reconocimientos de la sociedad y las autoridades competentes, a través del Certificado de Cumplimiento ambiental que otorga la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).



---

El despertar de la conciencia por el ciudadano del medio ambiente es relativamente reciente, así como el concepto de desarrollo sustentable. Antes de la década de los sesenta, los modelos de desarrollo basados en el crecimiento económico y el progreso tecnológico solo tenían como meta aumentar la capacidad productiva

Esta nueva visión no se refiere solo a la protección ambiental; implica un crecimiento económico distinto y socialmente más justo.

Por lo que se refiere a los impactos ambientales que genera la industria aeronáutica, en 1981 la OACI reestructuro el Anexo 16 (sub capítulo 3.2) sobre la protección del medio ambiente.

La incorporación del sistema aeroportuario mexicano al programa de protección ambiental contribuye al desarrollo sustentable, sistematizado, desde la planeación de nuevas instalaciones aeroportuarios, estudios, obras y proyectos necesarios para evitar y/o minimizar los impactos ambientales durante la construcción y operación de aeropuertos.

La auditoría ambiental es una figura de la legislación nacional que consiste en la revisión de todas las actividades que pueden causar desequilibrios ecológicos, problemas de contaminación y riesgos a los trabajadores, a las instalaciones o la población.

La elaboración de planes de mitigación de impacto ambiental en términos de referencia específicos para auditorías es muy complejo, ya que cada aeropuerto presenta características particulares en cuanto al entorno, tamaño y esquema de operación.

El contenido de una manifestación de impacto ambiental depende de las características, físicas, geológicas, topográficas, sociales y del ecosistema existente de cada aeropuerto en estudio, sin embargo la normatividad de la SEMARNAT indica que tendrá que tener el siguiente contenido:

- 
- 1.-Datos generales del proyecto, del promovente y del responsable del estudio de impacto ambiental
  - 2.-Descripción de las obras o planes parciales de desarrollo.
  - 3.- Vinculación con los instrumentos de planeación y ordenamientos jurídicos aplicables.
  - 4.-Descripción del sistema ambiental regional y señalamiento de tendencias del desarrollo y deterioro de la región.
  - 5.- Identificación, descripción y evaluación de los impactos ambiental regional.
  - 6.-Estrategias para la prevención y mitigación de impactos ambientales, acumulativos y residuales, del sistema ambiental regional
  - 7.-Pronosticos ambientales regionales y en su caso, evaluación de alternativas.
  - 8.-Identificación de instrumentos metodológicos y elementos técnicos que sustentan los resultados de la manifestación ambiental.

El caso de estudio para este capítulo será la evaluación de impactos ambientales y normatividad aplicada para la construcción de las franjas de seguridad de la pista 11-29 del Aeropuerto Internacional de Cozumel.

El Aeropuerto Internacional de Cozumel (código IATA: CZM, código OACI: MMCZ), es un aeropuerto localizado en la isla de Cozumel, en la localidad de San Miguel de Cozumel, en el estado de Quintana Roo sobre la costa del Caribe (Figura 47). La ejecución del proyecto consistente en la eliminación de la vegetación y alineamiento de la pendiente para la obtención de las franjas de seguridad que significa mantener dicha área libre de vegetación.



Figura 47. Aeropuerto Internacional de Cozumel (ASA).

La terminal de pasajeros fue inaugurada en el año 1975 y ampliada y remodelada en los años 2001, 2002 y 2003. Luego del paso destructivo del Huracán Wilma en Octubre del 2005, la terminal se reparó de los daños sufridos. Es un edificio de dos niveles, con oficinas administrativas, la Dirección General de Aviación Civil y aerolíneas en el nivel superior. La superficie útil total del edificio terminal es de 9,514 m<sup>2</sup>, el nivel superior ocupa unos 450 metros cuadrados.

Todas las instalaciones relacionadas con la atención de pasajeros, ubicadas en el nivel inferior, están distribuidas en una configuración lineal. El ala sureste de la terminal está destinada a las instalaciones para el manejo de pasajeros de salida y el ala noroeste para el manejo de pasajeros de llegada, con los procesos comunes (nacional e internacional) de documentación y facturación al centro. El acceso principal al Aeropuerto se realiza a través de una vialidad denominada Calle Antonio Gonzales Fernández la cual está dividida por una isleta en dos carriles que conduce directamente al edificio terminal. El carril de acceso llega al estacionamiento público o al carril próximo al edificio terminal para desembarque /embarque de pasajeros, siguiendo en ese mismo sentido se llega al carril de salida.

---

#### 4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de la construcción de la franja de seguridad de la pista 11-29 se desarrollara dentro de las instalaciones del Aeropuerto Internacional de Cozumel, ubicado aproximadamente a 1.5 Km al noreste de la Cabecera Municipal. Actualmente el aeropuerto está conformado por dos áreas principales denominadas Lado Aire y Lado tierra como se muestra en la Figura 48. El lado tierra incluye la terminal de pasajeros y las vialidades de acceso, circulación y áreas de estacionamiento vehicular.

El lado Aire del Aeropuerto Internacional de Cozumel cuenta con dos pistas. La Pista 11-29 y la Pista 05-23. La Pista 05-23 no forma parte de la concesión. La Pista 11-29 tiene 2,700 metros de longitud y 45 metros de ancho. El umbral de la Pista 11-29 está desplazado por 200 metros. La pista está hecha de asfalto y se encuentra en buenas condiciones debido a que fue repavimentada en el en el año 2006. De igual manera el lado aire cuenta con tres calles de rodaje: Alfa (A), Delta (D) y Eco (E). La Pista 11-29, la cuál es la más frecuentemente usada para aterrizajes está equipada con luces de pista de alta intensidad (HIRL). Las pista 11-29 cuentan con indicadores de pendiente de aproximación de precisión 3.0 grados (PAPI).



Figura 48. Aeropuerto Internacional de Cozumel (Google)

La plataforma comercial de la terminal está construida de asfalto. Hay un total de seis posiciones de estacionamiento para aeronaves Tipo-C ó dos de Tipo-D y dos de Tipo- C de OACI sirviendo a la Terminal de Pasajeros.

Existe una segunda plataforma dedicada a la aviación general al oeste de la comercial. Está separada de la plataforma comercial mediante señalamiento horizontal y se accede por medio de la línea de rodaje de la plataforma comercial. La plataforma de aviación general está construida de asfalto y de acuerdo al señalamiento horizontal, tiene capacidad para diecinueve posiciones de estacionamiento.

La torre de control de tráfico aéreo (TCTA) de Cozumel tiene 30 metros de altura sobre el nivel del mar y está ubicada directamente al lado del edificio terminal, enfrente de la terminal de aviación general.

---

Las pistas tipo 4 deben cumplir con una pendiente en la zona de transición de 14.3° a partir de los 75 m de la franja de seguridad, por tal motivo se construirán estas franjas de seguridad en ambos lados de la pista 11-29 para que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas en la circular CO DA-04/07 (“REQUISITOS PARA REGULAR LA CONSTRUCCIÓN, MODIFICACIÓN Y OPERACIÓN DE LOS AERÓDROMOS”), emitida por la Dirección General de Aeronáutica Civil.

El área donde se desarrollara el proyecto se localiza en el lado aire del Aeropuerto Internacional de Cozumel y las principales actividades generadas en la construcción de las franjas de seguridad consiste en el desmonte de las áreas laterales a la pista 11-29, en una proyección de 14.3° respecto a la horizontal a partir de los 75 m, para cumplir con las especificaciones del Reglamento de la Ley de Aeropuertos. Lo anterior implica que deberá eliminarse la vegetación encontrada en las franjas laterales de la pista 11-29 para obtener un área libre que excedan la proyección de los 14.3°.

El área total del proyecto es de 139,736.13m<sup>2</sup> localizados en los costados de la pista 11-29; de los cuales, en 121,751.63 m<sup>2</sup> se tendrá que hacer cambio de uso del suelo (ETJ) y 17,984.50 m<sup>2</sup> parte de la franja de seguridad pero en ellos no existe vegetación como se muestra en la Figura 49.

El retiro de la vegetación se realizará con ayuda de maquinaria pesada como retroexcavadoras, cargadores frontales, camiones de volteo, camiones pipa y astilladoras; a las cuales se les dará mantenimiento periódicamente.

Dentro del proyecto se contempla la instalación de sanitarios móviles para atender las necesidades fisiológicas de los trabajadores, así mismo se colocaran contenedores de residuos sólidos para evitar la contaminación por este motivo en la zona.



Figura 49. Áreas donde se removerá vegetación (Google)

#### 4.2. NORMATIVIDAD APLICADA AL PROYECTO

A continuación se presenta un cuadro donde se describe la ley/artículo y aplicación al proyecto en estudio a nivel federal y estatal:

Tabla 11. Leyes a nivel federal aplicable al caso de estudio.

LEY	ARTICULO	VINCULACIÓN	CUMPLIMIENTO DE LA LEY
<b>I. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.</b>	Artículo 27. La propiedad de las tierras y aguas comprendidas dentro de los límites del territorio nacional, corresponde originariamente a la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares.	El sitio donde se pretende realizar el proyecto es territorio perteneciente a la Nación.	Se cuenta con una concesión del área utilizada.

<p><b>II. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.</b></p>	<p>Art. 28. Quienes pretendan llevar a cabo obras y cualquier otra actividad deberán sujetarse a la elaboración de una manifestación de impacto ambiental, la cual contendrá una descripción de las actividades que se vayan a realizar, la SEMARNAT autorizará o negará la realización de la obra o actividad con un oficio resolutorio en materia de impacto ambiental: VII.- Cambios de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.</p>	<p>El proyecto se localiza dentro de una zona con vegetación forestal, localizado en la isla de Cozumel.</p>	<p>Se ha elaborado la manifestación de impacto ambiental esperando con ello que se emita el oficio resolutorio para llevar a cabo el proyecto.</p>
<p><b>III. Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental</b></p>	<p>Artículo 5 Quienes pretendan llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, requerirán previamente la autorización de la SEMARNAT en materia de impacto ambiental. O) CAMBIOS DE USO DEL SUELO DE ÁREAS FORESTALES, ASÍ COMO EN SELVAS Y ZONAS ÁRIDAS: II. Cambio de uso del suelo de áreas forestales a cualquier otro uso.</p>	<p>El proyecto de construcción de las franjas de seguridad de la pista de aterrizaje se pretende realizar en una zona con vegetación forestal.</p>	<p>de impacto ambiental emitida por la SEMARNAT para la realización del proyecto.</p>
<p><b>V. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012</b></p>	<p><b>OBJETIVO 10</b> Revertir el deterioro de los ecosistemas, a través de acciones para preservar el agua, el suelo y la biodiversidad. <b>Estrategia 10.3</b> Lograr un balance entre las actividades productivas rurales y marinas con la protección del ambiente para conservar el agua y los suelos. Es necesario lograr un balance entre las actividades productivas y la protección al ambiente, para continuar proporcionando bienes y servicios ambientales de manera continua y</p>	<p>Con la elaboración del proyecto se pretende mejorar las actividades en la isla de Cozumel sin afectar el medio ambiente.</p>	<p>Se elabora la Manifestación de Impacto Ambiental para obtener la Autorización en materia de impacto ambiental por parte de la SEMARNAT.</p>

	sostenible. Los incentivos (jurídicos y económicos) que provea el gobierno estarán alineados a la conservación del agua y los suelos.		
VI. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.	<p>Artículo 117.- La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales sólo podrá autorizar el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, por excepción, previa opinión técnica de los miembros del Consejo Estatal Forestal de que se trate y con base en los estudios técnicos justificativos que demuestren que no se compromete la biodiversidad, ni se provocará la erosión de los suelos, el deterioro de la calidad del agua o la disminución en su captación; y que los usos alternativos del suelo que se propongan sean más productivos a largo plazo. Estos estudios se deberán considerar en conjunto y no de manera aislada. Las autorizaciones que se emitan deberán atender lo que, en su caso, dispongan los programas de ordenamiento ecológico correspondiente, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.</p>	De acuerdo al Mapa Digital de México V 5.0 del INEGI el uso de suelo reportado en el sitio del proyecto es forestal, ya que en él se encuentra vegetación correspondiente a selva mediana subperennifolia por ello para realizar cualquier obra o actividad se requiere la presentación del estudio técnico justificativo ante la SEMARNAT.	Se realiza el estudio técnico justificativo para obtener la autorización por parte de la SEMARNAT para el cambio de uso de suelo, en el sitio donde se pretende la realización del proyecto para demostrar que no se compromete la biodiversidad de la zona
		De acuerdo al Mapa Digital de México V 5.0 del INEGI el uso de suelo reportado en el sitio del proyecto es forestal, ya que en él se encuentra vegetación	Una vez que la SEMARNAT evalúe el Estudio técnico Justificativo correspondiente y establezca el monto a cubrir ante el Fondo Forestal Mexicano se realizará dicho depósito

		correspondiente a selva mediana subperennifolia por ello para realizar cualquier obra o actividad se requiere la presentación del estudio técnico justificativo ante la SEMARNAT	como compensación ambiental para actividades de reforestación o restauración y su mantenimiento que establece la Secretaría.
VII. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	<p>Artículo 120 establece que para solicitar la autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales, el interesado deberá solicitarlo mediante el formato que expida la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales el cual contendrá lo siguiente:</p> <p>I. Nombre, denominación o razón social y domicilio del solicitante;  II. Lugar y fecha;  III. Datos y ubicación del predio o conjunto de predios, y IV. Superficie forestal solicitada para el cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar. Junto con la solicitud deberá presentarse el estudio técnico justificativo, así como copia simple de la identificación oficial del solicitante y original o copia certificada del título de propiedad, debidamente inscrito en el registro público que corresponda o, en su caso, del documento que acredite la posesión o el derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso del suelo</p>	El proyecto en cuestión requiere de la autorización de cambio de uso de suelo, presentando un Estudio Técnico Justificativo.	Se presentará la solicitud de cambio de uso de suelo conteniendo: I. Nombre, denominación o razón social y domicilio del solicitante; II. Lugar y fecha; III. Datos y ubicación del predio, y IV. Superficie forestal solicitada para el cambio de uso de suelo y el tipo de vegetación por afectar. Junto con la solicitud se presentará el estudio técnico justificativo, así como copia simple de la identificación oficial del solicitante y copia certificada del título de concesión que otorga la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a favor de Aeropuerto de Cozumel S. A DE C. V., documento que acredita la posesión y el derecho para realizar actividades que impliquen el cambio de uso del suelo en terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo.



	<p>en terrenos forestales, así como copia simple para su cotejo. Tratándose de ejidos o comunidades agrarias, deberá presentarse original o copia certificada del acta de asamblea en la que conste el acuerdo de cambio del uso del suelo en el terreno respectivo, así como copia simple para su cotejo.</p>		
	<p><b>Artículo 126.</b> La autorización de cambio de uso del suelo en terrenos forestales amparará el aprovechamiento de las materias primas forestales derivadas y, para su transporte, se deberá acreditar la DIARIO OFICIAL Lunes 21 de febrero de 2005 legal procedencia con las remisiones forestales respectivas, de conformidad con lo dispuesto en la Ley y el presente Reglamento. La Secretaría asignará el código de identificación y lo informará al particular en el mismo oficio de autorización de cambio de uso del suelo.</p>	<p>El proyecto en cuestión contempla la eliminación de la cobertura vegetal localizada en los 4 polígonos contiguos a la pista 11-29.</p>	<p>La materia prima forestal derivada del cambio de uso de suelo será astillada para su posterior integración al suelo, por lo que no se contempla su aprovechamiento y traslado fuera de las áreas del Aeropuerto</p>
<p><b>VIII.- LEY GENERAL DE VIDA SILVESTRE.</b></p>	<p><b>Art. 4.</b> Es deber de todos los habitantes del país conservar la vida silvestre; queda prohibido cualquier acto que implique su destrucción, daño o perturbación, en perjuicio de los intereses de la Nación.</p>	<p>El presente proyecto se ubica en una zona donde se identifica vegetación de selva mediana subperennifolia.</p>	<p>De acuerdo con el POET de Cozumel la UGA a la que pertenece es ZF1 que tiene como uso predominante aeroportuario y militar, por lo que para la construcción del proyecto se eliminará la vegetación, no obstante la fauna será desplazada a sitios aledaños al proyecto para su conservación.</p>
	<p><b>Artículo 18.</b> Los propietarios y legítimos poseedores de predios en donde se distribuye la vida silvestre, tendrán el derecho a realizar su</p>	<p>El Aeropuerto de Cozumel S. A DE C. V. cuenta con la modificación a la concesión otorgada el 29 de junio de</p>	<p>El Aeropuerto de Cozumel S. A. DE C. V. pretende únicamente realizar el derribo de la vegetación localizada en 4 polígonos contiguos a</p>



	aprovechamiento sustentable y la obligación de contribuir a conservar el hábitat conforme a lo establecido en la presente Ley; asimismo podrán transferir esta prerrogativa a terceros, conservando el derecho a participar de los beneficios que se deriven de dicho aprovechamiento.	1998 por el gobierno federal a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para el uso del terreno donde se desarrollará el proyecto.	la pista 11-29 sin ningún otro aprovechamiento.
	<b>Artículo 29.</b> Los Municipios, las Entidades Federativas y la Federación, adoptarán las medidas de trato digno y respetuoso para evitar o disminuir la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor que se pudiera ocasionar a los ejemplares de fauna silvestre durante su aprovechamiento, traslado, exhibición, cuarentena, entrenamiento, comercialización y sacrificio	Al realizar la eliminación de la cubierta vegetal la fauna silvestre localizada en el predio requerirá de desplazarse a zonas colindantes al sitio del proyecto.	Antes de realizar las actividades de desmonte se realizarán recorridos preliminares para ahuyentar a la fauna que pudiera habitar en el sitio, lo que permitirá su traslado natural sin ocasionarles tensión, sufrimiento, traumatismo o dolor.
	<b>Artículo 31.</b> Cuando se realice traslado de ejemplares vivos de fauna silvestre, éste se deberá efectuar bajo condiciones que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento, traumatismo y dolor, teniendo en cuenta sus características.	Al realizar la eliminación de la cubierta vegetal la fauna silvestre localizada en el predio requerirá de desplazarse a zonas colindantes al sitio del proyecto.	Antes de realizar las actividades de desmonte se realizarán recorridos preliminares para ahuyentar a la fauna que pudiera habitar en el sitio, lo que permitirá su traslado natural sin ocasionarles tensión, sufrimiento, traumatismo o dolor.
<b>VIII.- LEY DE AEROPUERTOS.</b>	ARTICULO 74. En los aeródromos civiles los concesionarios y permisionarios deberán observar las disposiciones aplicables en materia de protección al ambiente; particularmente en lo que les corresponda respecto a la atenuación del ruido y al control efectivo de la contaminación del aire, agua y suelo, tanto en sus instalaciones, como en su zona de protección	El proyecto forma parte de las obras de aeródromos civiles concesionado al Aeropuerto de Cozumel S. A. DE C. V.	Se consideran las medidas necesarias para la protección del ambiente.
<b>IX.- REGLAMENTO DE LA LEY DE AEROPUERTOS.</b>	<b>ARTÍCULO 23.</b> El programa maestro de desarrollo debe contener, como mínimo: ... <b>VII.</b> Las medidas para la	El proyecto de construcción de las franjas de seguridad de la pista 11-29 se encuentra contemplado en el	En el capítulo VI se presentan las medidas de mitigación para el desarrollo del proyecto, lo que permitirá la conservación del medio



	conservación del medio ambiente de conformidad con las disposiciones aplicables	Programa Maestro de Desarrollo de Aeropuerto de Cozumel, S.A. de C.V. 2009-2023	ambiente
	<b>ARTÍCULO 127.</b> Las reglas de operación de cada aeródromo de servicio al público o de servicio particular con servicios a terceros deberán contener: <b>X.</b> Los mecanismos y procedimientos de protección del ambiente en la zona circundante del aeródromo civil de conformidad con las disposiciones aplicables y las autorizaciones expedidas al efecto por autoridad competente.	El proyecto forma parte de las zonas de transición de la pista 11-29 del aeropuerto, siendo parte de los procedimientos de protección de la zona.	En el capítulo VI se presentan las medidas de mitigación para el desarrollo del proyecto, lo que permitirá la conservación del medio ambiente.

Tabla 12. Leyes a nivel estatal aplicable al caso de estudio.

LEY	ARTICULO	VINCULACIÓN	CUMPLIMIENTO DE LA LEY
<b>I. COZUMEL AVANZA Plan Municipal de Desarrollo 2011-2013</b>	Estrategia 3. I.1.3 Fomentar el desarrollo turístico local mediante la diversificación de la oferta turística. I.1.3.4 Promover la conectividad aérea con las principales ciudades de la República Mexicana, Estados Unidos, Centro y Sudamérica.	El proyecto consiste en el mejoramiento de las características del aeropuerto internacional de la isla de Cozumel.	Se cumplirá con las especificaciones técnicas con las que debe contar el Aeropuerto Internacional de la isla de Cozumel promoviendo la conectividad de la isla de manera nacional
<b>II. Programa de Ordenamiento Ecológico local del municipio de Cozumel, Quintana Roo</b>	<b>Lineamiento.</b> Desarrollar de manera sostenible las actividades aeroportuarias y militares para mantener las condiciones naturales del sitio. <b>UGA :</b> ZF1 <b>Uso predominante:</b> Aeroportuario y militar. <b>Usos compatibles:</b> mantenimiento de espacios naturales.	El proyecto forma parte de las medidas de seguridad que se deben garantizar para su correcto funcionamiento	Con la realización del proyecto se garantiza que no se tendrán obstáculos en la zona de transición de la pista de aterrizaje y despegue 11-29 del Aeropuerto Internacional de Cozumel. Por lo que no se contraponen a los usos establecidos

	<p><b>Usos condicionados:</b> comercial.</p> <p><b>Usos incompatibles:</b> Centro de población, Agropecuaria, Acuícola, Hotelería / Residencial turístico, Minera, Turístico.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> <input type="checkbox"/> Mantener la cobertura Natural. <input type="checkbox"/> Garantizar la seguridad de las actividades aeroportuarias</p>		
--	---	--	--

Tabla 13. Normativa a nivel estatal aplicable al caso de estudio.

NORMA	DESCRIPCIÓN	VINCULACIÓN	APLICACIÓN DE LA NORMA
<b>I. NOM-035-SEMARNAT-1993</b>	Que establece el procedimiento de medición de partículas suspendidas en la atmósfera.	En la realización del proyecto se emitirán partículas al aire y a la atmósfera, por las actividades que se realicen al nivelar el sitio.	Para garantizar la calidad del aire dentro del proyecto se humedecerá la tierra a transportar y se cubrirán con lonas los camiones que transporten material, cabe mencionar que para reducir dichas emisiones también se minimizará la emisión de partículas disminuyendo la velocidad de los vehículos que transiten por el sitio del proyecto.
<b>III. NOM-041-SEMARNAT-2006</b>	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.	Los vehículos automotores que se utilicen en el sitio del proyecto emitirán gases contaminantes	Se verificará que los vehículos automotores cumplan con la verificación vehicular y acrediten dicho examen portando el certificado y la calcomanía pegada en dicho en cada vehículo.
<b>IV. NOM-045-SEMARNAT-2006</b>	Protección ambiental.- vehículos en circulación que usan diesel como combustible.- límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de	Los vehículos automotores que se utilicen y que usen diesel como combustible emitirán gases que provoquen opacidad en el	El responsable del proyecto deberá cumplir con el mantenimiento correctivo y preventivo de los vehículos automotores que utilice para dicha actividad.

	prueba y características técnicas del equipo de medición.	ambiente.	
<b>SEMARNAT-1995</b>	Que establece los límites máximos permisibles de emisión de ruido proveniente del escape de los vehículos automotores, motocicletas y triciclos motorizados en circulación y su método de medición.	Se emitirá ruido por los vehículos automotores utilizados en el proyecto.	Se verificará que los vehículos automotores tengan la respectiva revisión y mantenimiento preventivo, enfocándose en el escape
<b>VI. NOM-59-SEMARNAT-2001</b>	Protección ambientalespecies nativas de México de flora y fauna silvestrescategorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- lista de especies en riesgo.	En la zona se encuentran especies en riesgo y bajo régimen de protección.	Se realizara un programa de rescate de flora bajo régimen de protección, así mismo se implementara un programa de reforestación.

### 4.3 IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

En este sub capítulo se identifican y describen los impactos ambientales provocados ( en el aire, suelo, fauna y vegetación) por las etapas que comprende el proyecto: preparación del sitio, construcción, operación y mantenimiento

#### 4.3.1 METODOLOGÍA PARA IDENTIFICAR Y EVALUAR LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

Para estar en condiciones de determinar los indicadores de impacto es necesario determinar primero cuales son las principales actividades del proyecto a realizar y sobre cuales componentes del medio ambiente se va a generar un impacto o modificación. Es decir, se debe describir la actividad a realizar para poder conocer cuales elementos del medio ambiente serán afectados o potencialmente afectados.

En virtud de que las actividades ya se describieron en el sub capítulo 2.1, a continuación se resumen y se hace la identificación de efectos a fin de que a partir de ellos se establezcan los indicadores de impacto.

### Lista indicativa de indicadores de impacto.

A continuación se describen los indicadores que se utilizarán en las diferentes etapas del proyecto.

MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	COMPONENTE AMBIENTAL	INDICADOR
FISICO	AIRE	Calidad del aire	Índice de calidad del aire
		Confort sonoro	Nivel sonoro equivalente diurno
		Microclima	Temperatura
	SUELO	Características físico-químicas	m <sup>2</sup> afectados/ m <sup>2</sup> total
		Uso de suelo	Uso actual del predio
	HIDROLOGIA	Escurrimientos superficiales	Numero de escurrimientos afectados
		Subterránea	Área de afectación
	VEGETACIÓN	Cobertura	m <sup>2</sup> afectados/ m <sup>2</sup> total
		Densidad	Número de individuos eliminados

	FAUNA	Distribución	Especies por hectárea
		Habitad de la fauna menor	Densidad
	PAISAJE	Calidad paisajista	Calidad paisajística
MEDIO SOCIAL	MEDIO SOCIOECONOMICO	Empleo	Numero de empleos generado por mes
		Servicios	% de servicios

A partir de las actividades que comprende cada una de las etapas del proyecto se valoran a continuación las unidades de importancia.

#### Unidades de Importancia (UIP)

Los distintos factores del medio (indicadores de impacto) establecidos en la Tabla 14 se presentan importancias distintas de unos respecto a otros, en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación ambiental. Cabe aclarar que no es lo mismo la importancia o interés que presenta un factor, con la importancia del impacto sobre ese factor por cada una de las actividades del proyecto ya que éste último viene calculado de acuerdo a lo establecido en la Tabla 14.

TABLA. UNIDADES DE IMPORTANCIA PARA LOS FACTORES AMBIENTALES POR EL PROYECTO

TABLA 14. UNIDADES DE IMPORTANCIA EN IMPACTOS AMBIENTALES.

FACTOR AMBIENTAL	COMPONENTE AMBIENTAL	UNIDADES DE IMPORTANCIA	JUSTIFICACIÓN
<b>AIRE</b>	CALIDAD DEL AIRE	40	La calidad del aire en la zona se prevé que es buena; sin embargo, no se han realizado estudios para poder determinarlo con exactitud.
	CONFORT SONORO	30	En la pista que se localiza contiguo al sitio del proyecto se tiene ruido perimetral por el constante movimiento de las llegadas y salidas



			de los aviones por lo que este componente ambiental ya se ha visto alterado.
	MICROCLIMA	20	El clima para el Sistema Ambiental es cálido húmedo. Presenta una temperatura media anual de 24 a 28° C, tiene una precipitación total anual de 1300 mm, las lluvias se presentan durante todo el año, siendo más abundantes en los meses de junio a octubre.
	<b>TOTAL ATMOSFERA= 90</b>		
<b>SUELO</b>	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	70	El Sistema Ambiental corresponde a la provincia fisiográfica Península de Yucatán, y a la sub provincia fisiográfica Costa Baja de Quintana Roo Esta provincia es una gran plataforma de rocas calcáreas marinas que ha venido emergiendo de las aguas desde hace muchos millones de años, siendo su parte norte la más reciente El tipo de suelo es de Rendzina, Litosol de textura media.
	USO DE SUELO	80	De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio de Cozumel la Unidad de gestión Ambiental (UGA) a la que pertenece el Sistema Ambiental es la ZF1 con los siguientes usos de suelo: predominante: Aeroportuario y Militar, uso compatible mantenimiento de especies naturales, uso condicionado: comercial. Siendo el lineamiento principal el desarrollo de manera sostenible las actividades aeroportuarias y militares para mantener las condiciones naturales del sitio.
	<b>TOTAL SUELO = 150</b>		
<b>AGUA</b>	Escurremientos superficiales.	60	El Sistema Ambiental de se ubica en la Región Hidrológica Yucatán Norte, Cuenca Quintana Roo, subcuenca Isla Cozumel. Con un coeficiente de escurrimiento de 5 a 10%.
	Subterránea.	60	El Sistema Ambiental presenta la unidad geohidrológica denominada Material Consolidado con Posibilidades Altas
	<b>TOTAL AGUA = 120</b>		

<b>VEGETACIÓN</b>	COBERTURA	110	El área de estudio presenta un tipo de vegetación denominado Selva Mediana Subperennifolia, cuya característica es que el 25% de las especies tiran sus hojas durante el mes más seco del año. El estrato arbóreo está constituido por especies pertenecientes a las familias Anacardiaceae, Apocynaceae, Burseraceae, Cecropiaceae, Leguminosae, Polygonaceae, Rubiaceae y Verbenaceae y el estrato arbustivo esta representado por especies de las familias Asclepiadaceae, Leguminosae, Rubiaceae y Verbenaceae.
	DENSIDAD	80	El tapiz vegetal del área en estudio está formado por la selva mediana subperennifolia cuya composición florística de especies clímax, son Manilkara sapota, Drypetes lateriflora, Guettarda elliptica, y Gymnantes lucida, cuyo estrato arbóreo oscila entre 5 y 12 m, ocurre también en esta zona de forma abundante Aechmea magdalenae (Bromeliaceae).
	<b>TOTAL FLORA =190</b>		
<b>FAUNA</b>	DISTRIBUCIÓN	60	Las especies identificadas se distribuyen en un solo tipo de vegetación (Selva Mediana Subperennifolia).
	HABITAD DE FAUNA MENOR	90	El hábitat de las especies reportadas en el estudio faunístico realizado corresponde a Selva Mediana subperennifolia, debido a que el área estudiada se encuentra fragmentada por las diversas obras efectuadas a los lados de la mancha de vegetación, es razonable pensar que la mayoría de la fauna existente ha emigrado a lugares más seguros.
	<b>TOTAL DE FAUNA = 150</b>		
<b>PAISAJE</b>	CALIDAD PAISAJISTICA	100	El área de estudio es de topografía plana con vegetación de selva mediana Subperennifolia, colindante a infraestructura aeroportuaria que forma parte de una vía general de comunicación, se determina que presenta un alto número de observadores potenciales.
	<b>TOTAL PAISAJE</b>	<b>80</b>	

<b>SOCIOECONOMICO</b>	EMPLEO	90	<p>El Municipio cuenta con una población económicamente activa de 35,961 personas, que representan el 46.6 % del total de la población del Municipio. De esta el 97.18% se encuentra ocupada y el 2.82 % está desocupada.</p> <p>El turismo es la actividad más importante del municipio y el segundo centro turístico del Estado que es visitado por turistas nacionales y en su mayoría por visitantes de todas partes del mundo que llegan por la vía aérea y principalmente por vía marítima en grandes cruceros.</p> <p>Existen 59 establecimientos hoteleros con 3,602 cuartos, de los cuales la mayoría se clasifican como de 4 estrellas a Gran Turismo. También visitan la isla cruceros turísticos internacionales, constituyéndose el principal destino del país en la recepción de turistas por esta vía.</p>
	SERVICIOS	60	El Municipio de Cozumel cuenta con todos los servicios públicos necesarios para el correcto funcionamiento del proyecto.
	EMPLEO	50	El proyecto generará un número importante de empleos temporales durante la construcción y de forma anual durante el mantenimiento.
	<b>TOTAL SOCIOECONOMICO</b>	<b>200</b>	

#### 4.3.2 CRITERIOS Y METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN.

Se realizará el estudio de las posibles alteraciones ambientales ocasionadas por el proyecto, así como la valoración de las mismas, determinándose los límites de los valores de las variables. La valoración de las alteraciones se llevará a cabo atendiendo, además del signo, al grado de manifestación cualitativa y a su magnitud.

---

## CRITERIO DE VALORACIÓN CUALITATIVA

### **Matriz de identificación de impactos.**

Se formula una matriz para la identificación de los impactos en donde se establecen en columnas las actividades contempladas para el proyecto en las diferentes etapas, mientras que en las filas se presentan los elementos ambientales susceptibles a ser impactados, una vez elaborada la matriz se identifican los posibles impactos que podrían presentarse, indicando con una “S” los significativos y “N” los no significativos.

### **Matriz de importancia**

Una vez identificadas las acciones y los factores del medio que presumiblemente serán impactados por aquellas, la matriz de importancia nos permitirá obtener una valoración cualitativa del nivel requerido para la Evaluación de Impacto Ambiental

En esta fase se cruzan las informaciones obtenidas en los factores del medio y las actividades del proyecto. En ésta valoración se mide el impacto en base al grado de manifestación cualitativa del efecto que quedará reflejado en lo que definimos como importancia del impacto.

La importancia del impacto, es pues, el valor mediante el cual medimos cualitativamente el impacto ambiental, en función tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo, tales como extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad.

Los elementos tipo, o casillas de cruce de la matriz de importancia, estarán ocupados por la valoración correspondiente a once símbolos siguiendo el orden espacial plasmado en el cuadro siguiente.

---

Estos símbolos se describen a continuación y en la tabla 15 se presentan los rangos de valoración.

**Naturaleza.-** El signo del impacto hace alusión al carácter de benéfico (+) o adverso (-) de las distintas acciones que van actuar sobre los distintos factores considerados.

**Intensidad (I).-** Este término se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. El rango de valoración estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto, y el 1, una afectación mínima. Los valores comprendidos entre esos dos términos reflejarán situaciones intermedias.

**Extensión (EX).-** Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto. Si la acción produce un efecto muy localizado, se considerará que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será total (8), considerando las situaciones intermedias, según su degradación, como impacto parcial (2) y extenso (4).

**Momento (MO).-** El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. Los valores asignados son los siguientes: 4 para cuando el tiempo transcurrido sea nulo (momento inmediato) o cuando sea menor de 1 año (corto plazo); 2 cuando el período de tiempo va de 1 a 5 años (medio plazo), y 1 cuando el efecto tarde más de 5 años en manifestarse (largo plazo).

Si, como en el caso anterior, concurriese alguna circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto se le atribuirá un valor de una a cuatro unidades por encima de las especificadas.

**Persistencia (PE).-** Se refiere al tiempo que supuestamente permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras. Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, se considera que la acción

---

produce un efecto fugaz, asignándole un valor de (1). Si dura entre 1 y 10 años, temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, se considera como permanente asignándole un valor de (4).

**Reversibilidad (RV).**- Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deje de actuar en el medio. Si es a corto plazo, se le asigna un valor (1), si es a mediano plazo (2) y si el efecto es irreversible (4). Los intervalos de tiempo que comprende este periodo, son los mismos asignados en el parámetro anterior.

**Recuperabilidad (MC).**- Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado, como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana. Si el efecto es totalmente recuperable, se le asigna un valor (1) o (2) según lo sea de manera inmediata o a mediano plazo, si lo es parcialmente, el efecto es mitigable, se toma un valor (4). Cuando el efecto es irrecuperable, se le asigna el valor (8) en el caso de ser irrecuperable, pero existe la posibilidad de introducir medidas compensatorias el valor adoptado será (4).

**Sinergia (SI).**- Este atributo contempla reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos, cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea. Cuando una acción actuando sobre un factor no es sinérgica con otras acciones que actúan sobre el mismo factor, el atributo toma el valor (1), si presenta un sinérgico moderado (2) y si es altamente sinérgico (4).

**Acumulación (AC).**- Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple) el efecto se valora como (1). Si el efecto es acumulativo el valor se incrementa a (4).

---

**Efecto (EF).**- Este atributo se refiere a la relación causa-efecto o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario, siendo en este caso la repercusión de la acción, consecuencia directa de éste. En el caso de que el efecto sea indirecto o secundario, su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden. Este término toma el valor (1) en el caso de que el efecto sea secundario y (4) cuando sea directo.

**Periodicidad (PR).**- La periodicidad se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente, de forma impredecible en el tiempo, o constante en el tiempo. A los efectos continuos se les asigna un valor (4), a los periódicos (2) y a los de aparición irregular, que deben evaluarse en términos de probabilidad de ocurrencia, (1).

**Importancia (I).**- La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100. Presenta valores intermedios (entre 40 y 60) cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Intensidad total, y afectación mínima de los restantes símbolos
- Intensidad muy alta o alta, y afección alta o muy alta de los restantes símbolos
- Intensidad alta, efecto irrecuperable y afección muy alta de alguno de los restantes símbolos.
- Intensidad media o baja, efecto irrecuperable y afección muy alta de al menos dos de los restantes símbolos.

Cada impacto podrá clasificarse de acuerdo a su Importancia como:

- Irrelevantes o compatibles  $0 < I < 25$
- Moderado  $25 < I < 50$
- Severo  $50 < I < 75$
- Crítico  $75 < I$

Tabla 15. Rangos de valoración.

<b>NATURALEZA (NA)</b> Impacto beneficioso Impacto perjudicial	+1 -1	<b>INTENSIDAD (IN)</b> Baja (B) Media (M) Alta (A) Muy Alta (MA) Total (T)	1 2 4 8 12
<b>EXTENSIÓN (EX)</b> <b>(Área de Influencia)</b> Puntual (Pu) Parcial (Pa) Extenso (E) Total (T) Crítica <sup>(1)</sup> (C)	1 2 4 8 (+4)	<b>MOMENTO (MO)</b> <b>(Plazo de manifestación)</b> Largo plazo (L) Medio plazo (M) Inmediato ( I ) Crítico <sup>(2)</sup> (C)	1 2 3 (+4)
<b>PERSISTENCIA (PE)</b> <b>(Permanencia del efecto)</b> Fugaz (F) Temporal (T) Permanente (P)	1 2 4	<b>REVERSIBILIDAD (RV)</b> Corto plazo (C) Medio plazo (M) Irreversible ( I )	1 2 4
<b>SINERGIA (SI)</b> <b>(Regularidad de la manifestación)</b> Sin sinergismo (simple) (SS) Sinérgico (S) Muy sinérgico (MS)	1 2 4	<b>ACUMULACIÓN (AC)</b> <b>(Incremento Progresivo)</b> Simple (S) Acumulativo (A)	1 4
<b>EFEECTO (EF)</b> <b>(Relación causa-efecto)</b> Indirecto (secundario) (I) Directo (primario) (D)	1 4	<b>PERIODICIDAD (PR)</b> <b>(Regularidad de la manifestación)</b> Irregular o aperiódico y discontinuo ( I ) Periódico (P) Continuo (C)	1 2 4
<b>RECUPERABILIDAD (MC)</b> <b>(Reconstrucción por medios humanos)</b> Recuperable de manera inmediata (In) Recuperable a medio plazo (MP) Mitigable (M) Irrecuperable ( I )	1 2 4 8	<b>IMPORTANCIA ( I )</b> Irrelevante Moderado Severo Crítico $I = \cdot (3 \cdot IN + 2 \cdot EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$ .	

---

#### 4.4 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SELECCIONADA.

Para la valoración de los impactos propongo para usos prácticos en esta tesis el método Battelle – Columbus ajustando los factores ambientales a las características del sitio donde se ubicará el proyecto así como a las actividades que contempla en sus etapas.

Esta metodología de evaluación de impacto ambiental se adapta con facilidad al tipo y características del proyecto, permitiendo establecer rasgos de evaluación cualitativos / cuantitativos en los que es posible utilizar rangos numéricos y obtener valores resultantes con cierta objetividad.

La metodología seleccionada se describe a continuación:

Primero se elabora una matriz de identificación de impactos (Tabla 16) del tipo causa-efecto, donde se tienen las posibles interacciones señalándose en rojo las negativas y en negro las positivas.

Con los criterios que considera la Metodología de Batelle – Columbus, se determinó la importancia de cada uno de los impactos identificados de la Matriz Causa – Efecto, Tabla 16 Una vez valorado los impactos se elaboró la matriz de importancia que interrelaciona la importancia de los impactos con la (UIP) establecidas para obtener finalmente las valoraciones Absolutas (ABS) y valoraciones Relativas (REL) para filas y columnas, Tabla 18

- Valoración Absoluta (ABS). Se obtiene de la suma algebraica de la importancia del impacto de cada elemento.
- Valoración Relativa (REL). Es la suma ponderada de cada uno de los elementos contra las

Unidades de Importancia (UIP), esta valoración nos da una idea más precisa de la importancia de cada uno de los factores.

La valoración relativa de cada elemento por filas en la matriz, identifica los factores ambientales que sufren en mayor o menor medida las consecuencias del funcionamiento de la actividad, de igual manera la valoración relativa por columnas identifica las acciones impactantes más agresivas, poco agresivas o beneficiosas por etapas del proyecto.

Cabe aclarar que durante la evaluación de los impactos se consideraron los efectos acumulativos y sinérgicos que pudiera darse por el desarrollo de los proyectos autorizados con anterioridad dentro del polígono del Aeropuerto Internacional de Cozumel.

De acuerdo con el rango establecido por la metodología se identificaron los impactos de acuerdo a su importancia, eliminando aquellos que son irrelevantes o compatibles, retomando aquellos que son moderados, los impactos se presentan en la Matriz de Importancia Depurada Tabla 19

Tabla 16. Matriz de identificación de impactos.

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS.				CONSTRUCCIÓN		MANTENI MIENTO
"CONSTRUCCIÓN DE LAS FRANJAS DE SEGURIDAD DE LA PISTA 11-29 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE COZUMEL".				Desmante.	Astillado y limpieza	Poda en las franjas laterales de la pista.
				<i>FACTORES AMBIENTALES ALTERADOS.</i>	ID	A
MEDIO FÍSICO	Aire	Calidad del Aire	1			
		Confort Sonoro	2			
		Microclima	3	X		
	Suelo	Características fisicoquímicas.	4	X	X	
		Uso de suelo.	5	X		
	Hidrología	Escurrimientos superficiales	6	X	X	
		Subterránea	7	X		
	VEGETACIÓN	Cobertura	8	X		



		Densidad	9	X	X	
	FAUNA	Habitat de fauna menor	10	X	X	
	PAISAJE	Calidad paisajista	11	X	X	
MEDIO SOCIOECONÓMICO	FACTORES HUMANOS Y ESTETICOS	Sevicios	12			X
	ECONOMIA Y POBLACIÓN	Empleo	13	X		X

Tabla 17. Valoración de impactos.

ACTIVIDAD	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A13	B4
<b>ELEMENTOS</b>											
<b>NATURALEZA</b>	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1
<b>INTENSIDAD</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
<b>EXTENSIÓN</b>	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1
<b>MOMENTO</b>	2	2	2	2	1	2	2	2	2	3	2
<b>PERSISTENCIA</b>	2	4	2	2	2	4	4	2	2	2	1
<b>REVERSIBILIDAD</b>	2	4	2	2	2	1	2	2	1	2	1
<b>SINERGIA</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>ACUMULACIÓN</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>EFEECTO</b>	1	1	1	1	1	4	4	1	4	4	1
<b>PERIODICIDAD</b>	4	4	4	4	2	4	4	4	1	0	2
<b>RECUPERABILIDAD</b>	2	4	2	2	4	8	4	4	2	8	1
<b>TOTAL</b>	-22	-28	-35	-22	-21	-32	-27	-22	-19	31	-15

ACTIVIDAD						
ELEMENTOS	B6	B7	B10	B11	D12	D13
NATURALEZA	-1	-1	-1	-1	1	1
INTENSIDAD	1	1	2	2	1	2
EXTENSIÓN	2	2	2	1	2	2
MOMENTO	2	2	3	3	2	3
PERSISTENCIA	2	2	1	2	4	2
REVERSIBILIDAD	1	1	1	1	2	2
SINERGIA	1	1	1	1	1	1
ACUMULACIÓN	1	1	1	1	1	1
EFECTO	1	1	1	4	1	4
PERIODICIDAD	1	1	2	1	2	0
RECUPERABILIDAD	1	1	2	2	0	4
<b>TOTAL</b>	<b>-17</b>	<b>-17</b>	<b>-22</b>	<b>-23</b>	<b>20</b>	<b>27</b>

Tabla 18. Matriz de Importancia de impactos.

MATRIZ DE IMPORTANCIA					CONSTRUCCIÓN		OP Y MANTO	IMPORTANCIA	
CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LAS FRANJAS DE SEGURIDAD DE LA PISTA 11-29 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE COZUMEL					DESMONTE	ASTILLADO Y LIMPIEZA GENERAL	PODA EN LAS FRANJAS LATERALES DE LA PISTA		
FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS			UIP	ID	A	B	D	ABS	REL
<b>MEDIO</b>	AIRE	CALIDAD DEL AIRE	60	1					
		CONFORT SONORO	55	2					
		MICROCLIMA	55	3	-22				
		<b>TOTAL AIRE</b>		ABS	-22	0		-22	
		170	REL	-7.1	00			-7.12	
	SUELO	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	85	4	-28	-15			
	USO DE SUELO	95	5	-35					



		<b>TOTAL DE SUELO</b>	180	ABS		-63	-15			
		REL				-31.69	-7.08			-38.8
	HIDROLOGIA	ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES	60		6	-22	-17			
		SUBTERRANEA	70		7	-21	-17			
		<b>TOTAL AGUA</b>	130	ABS		-74.69	-17		-91.7	
		REL				-21.46	-9.15			-30.62
	VEGETACIÓN	COBERTURA	100		8	-32				
		DENSIDAD	90		9	-27				
		<b>TOTAL DE FLORA</b>	190	ABS		-59			-59	
		REL				-29.6				-29.63
		FAUNA	HÁBITAD DE LA FAUNA MENOR	90		10	-22	-22		
	<b>TOTAL FAUNA</b>		90	ABS		-22	-22			
		REL				-22	-22		-44	
		PAISAJE	CALIDAD PAISAJISTA	70		11	-19	-23		
	<b>TOTAL DE PAISAJE</b>		70	ABS		-19	-23		-42	
	REL				-19	-23			-42	
<b>TOTAL UIP MEDIO FÍSICO</b>			830							
<b>FACTORES SOCIO ECONOMICOS</b>	FACTORES HUMANOS Y ESTETICOS	SERVICIOS	80		12			20		
		<b>TOTAL FACT HUM Y ESTETICOS</b>	80	ABS				20	20	
		REL						20	20	
	ECONOMIA Y POBLACIÓN	EMPLEO	90		13	31		27		
		<b>TOTAL ECONOMIA Y POBLACIÓN</b>	90	ABS		31		27	58	
		REL				31		27	58	
<b>TOTAL UIP MEDIO SOCIO-ECONÓMICO</b>			170							
VALORACIÓN ABSOLUTA DE ACCIONES IMPACTANTES			1000					-258.69		
VALORACIÓN RELATIVA DE ACCIONES IMPACTANTES								-114.1		

Id	Rango de Importancia	Importancia de Impactos
	0	Sin impacto
	$0 \leq 1 < 25$	Irrelevantes o compatibles
	$25 \leq 1 < 50$	Moderados
	$50 \leq 1 < 75$	Severos
	$75 \leq 1$	Críticos



Tabla 19. Matriz de importancia de impactos depurada

MATRIZ DE IMPORTANCIA					CONSTRUCCIÓN		OP Y MANTO	IMPORTANCIA	
CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LAS FRANJAS DE SEGURIDAD DE LA PISTA 11-29 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE COZUMEL					DESMONTE	ASTILLADO Y LIMPIEZA GENERAL	PODA EN LAS FRANJAS LATERALES DE LA PISTA		
FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS			UIP	ID	A	B	D	ABS	REL
<b>MEDIO FÍSICO</b>	AIRE	CALIDAD DEL AIRE	60	1					
		CONFORT SONORO	55	2					
		MICROCLIMA	55	3					
		TOTAL AIRE	170	ABS	0	0	0	0	00
	SUELO	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	85	4	-28	-15			
		USO DE SUELO	95	5	-35				
		TOTAL DE SUELO	180	ABS	-63	0		-63	
				REL	-31.69	00			-31.6
	HIDROLOGIA	ESCURRIMIENTOS SUPERFICIALES	60	6	-22	-17			
		SUBTERRANEA	70	7	-21	-17			
		TOTAL AGUA	130	ABS	0.00	0	0	0	
				REL	0.00	0.00	0		0.00
	VEGETACION	COBERTURA	100	8	-32				
		DENSIDAD	90	9	-27				
		TOTAL DE FLORA	190	ABS	-59			-59	
				REL	-29.6				-29.63
	FAUNA	HÁBITAD DE LA FAUNA MENOR	90	10					
		TOTAL FAUNA	90	ABS	0	0	0	0	
				REL	0	0			0
	PAISAJE	CALIDAD PAISAJISTA	70	11					
		TOTAL DE PAISAJE	70	ABS	0	0	0	0	
			REL	0	0			0	
TOTAL UIP MEDIO FÍSICO			830						
<b>FACTORES HUMANOS Y ESTETICOS</b>	SERVICIOS		80	12					
	TOTAL FACT HUM Y ESTETICOS		170	ABS			0	0	
				REL			0	0	

	ECONOMÍA Y POBLACIÓN	EMPLEO	90		13	31		27		
		TOTAL ECONOMÍA Y POBLACIÓN	90	ABS		31		27	58	
				REL		31		27		58
		TOTAL UIP MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	170							
		VALORACIÓN ABSOLUTA DE ACCIONES IMPACTANTES	1000						-64	
		VALORACIÓN RELATIVA DE ACCIONES IMPACTANTES								-3.33

Id	Rango de Importancia	Importancia de Impactos
	0	Sin impacto
	$0 \leq 1 < 25$	Irrelevantes o compatibles
	$25 \leq 1 < 50$	Moderados
	$50 \leq 1 < 75$	Severos
	$75 \leq 1$	Críticos

En la matriz de identificación de impactos se tienen 17 interacciones de los cuales 14 son negativos y 3 positivos.

Como se puede observar la valoración absoluta en todos los factores ambientales es mayor respecto a la valoración relativa; sin embargo la valoración relativa conjuga las Unidades de Importancia, dando una idea global de efecto en los factores ambientales, debido a ello se puede observar que únicamente se impactará al suelo y a la flora, siendo el impacto global ligeramente negativo con un valor de -3.33 unidades de un total de +1,218 que pudiera tener.

A continuación se presenta la descripción de los impactos que se prevén para el proyecto, en orden del elemento más impactado al menos impactado, tomando como referencia la valoración relativa.

**SUELO:** Las actividades de desmonte y astillado contempladas podrían alterar las características físico-químicas del suelo pues la capa vegetal se descubrirá exponiéndola a las intemperies del clima, evitará la filtración del agua y con ello que se lleve a cabo el proceso



---

biológico que realiza. Además se modificará el uso actual del suelo que es forestal a formar parte de las obras del aeropuerto de Cozumel, el impacto se ha calificado como: adverso, intensidad media, extensión parcial, manifestación a medio plazo, permanente, irreversible, sin sinergia, simple, con efecto directo, continuo, irrecuperable y con una importancia moderada.

**VEGETACIÓN:** Debido al desmonte que se realizará en el sitio del proyecto se removerá la cubierta vegetal en una superficie de 121,751.63 m<sup>2</sup>.; con un volumen de 354.4 m<sup>3</sup> de alterando la densidad vegetal en virtud de que desaparecerán cierto número de especies vegetales del sitio; sin embargo, de acuerdo con el estudio realizado se establece que estas áreas han estado expuestas ya a fuertes presiones ambientales, generando bordes en el paisaje, por ello el impacto en este caso se califica como adverso, intensidad baja, extensión parcial, manifestación inmediata, permanente, irreversible, sin sinergia, simple, con efecto directo, continuo, irrecuperable y con una importancia moderada.

**SOCIOECONÓMICO.** Las actividades del proyecto permitirán la generación de fuentes de empleo en la zona, lo cual tiene un efecto importante en el bienestar social y económico de la población, este impacto se considera benéfico, de intensidad media, parcial, manifestación media, temporal, reversible a mediano plazo, sin sinergia, simple, con efecto directo, periódico, irrecuperable y con una importancia moderada.

#### 4.5 MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.

Descripción de la medida o programa de medidas de mitigación o correctivas por componente ambiental.

Con la finalidad de proponer la mitigación de los impactos se presentan las medidas necesarias, independiente de las diversas medidas de protección ambiental que se consideran durante la etapa de construcción.

---

## **SUELO:**

- En caso de generarse residuos peligrosos deberán establecerse contenedores especiales para ello, contar con un almacenamiento temporal y contratar los servicios de una empresa especializada para su disposición final.
- Únicamente se podrá desmontar la superficie requerida para obtener la pendiente requerida de 14.3 ° a partir de la horizontal de la pista 11-29.

## **FLORA:**

- Prohibir la extracción de flora en su ambiente natural por los trabajadores que realicen las actividades.
- Como medida de compensación se deberá comprobar el pago de derechos al que hace alusión el artículo 118 de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.
- Realizar un programa de rescate de flora en estatus especial de la NOM-059-SEMARNAT-2010, de la especie (*Coccothrinaxreadii*)

## **FAUNA:**

- Concientizar y capacitar a los trabajadores sobre los cuidados que se requiere para la fauna silvestre.
- Realizar monitoreo de aves a lo largo del año, ya que las especies cambian según la época del año (especies migratorias).
- Realizar un plan de manejo para aquellas especies que se encuentran dentro de la NOM- 059-SEMARNAT-2001, ya que la superficie del aeropuerto puede ir cambiando con el tiempo y el hábitat de las especies se ira reduciendo.
- Prohibir la caza y captura de fauna en la zona de ubicación del proyecto por parte de los trabajadores.

Impactos residuales.

Un impacto residual es el que permanece en el ambiente después de aplicar la medida de mitigación, siendo estos los que realmente indican el impacto final de la ejecución del proyecto; para el presente proyecto se identifican únicamente para los elementos



---

ambientales de suelo y vegetación, que a pesar de las medidas de protección ambiental y las de mitigación consideradas permanecerán en el sitio debió a su irreversibilidad.

Para el suelo se afectará de forma residual al uso actual que tiene, pues pasará de ser forestal a zonas de seguridad del Aeropuerto Internacional de Cozumel; mientras que para la vegetación el impacto residual será a la cobertura pues de forma permanente se eliminará la vegetación actual.

#### 4.6 PRONOSTICOS AMBIENTALES Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Pronóstico del escenario.

Con base en el diagnóstico ambiental efectuado y a la identificación de los impactos ambientales se hace una proyección del escenario donde se establecerán las franjas de seguridad de la pista 11-29 del Aeropuerto de Cozumel una vez ejecutadas las acciones y aplicadas las medidas de mitigación establecidas, el escenario final del proyecto es el siguiente:

Durante la etapa de construcción se eliminará la cubierta vegetal en los 4 polígonos (Figura 49) por lo que los restos de materia orgánica serán visibles, también se observará maquinaria pesada y vehículos en constante movimiento; esto provocará la emisión de polvos fugitivos y gases de combustión, pero será de forma temporal pues una vez que terminen las actividades se retirará la maquinaria y vehículos y la emisión de polvos cesará.

También se tendrá la presencia y el constante movimiento del personal encargado de la obra en el sitio, esto alterará la calidad paisajística que actualmente se tiene pero al igual que el anterior será de forma temporal.

Lo que será permanente y observable es la eliminación de la cubierta vegetal por el cambio de uso de suelo en un área de 12.17 Ha, el cual será utilizado para la construcción de las franjas de seguridad de la pista 11-29 del Aeropuerto Internacional de Cozumel.

---

En el contexto urbano y ambiental local, el desarrollo del proyecto no implicará mayores requerimientos de servicios, en virtud de que únicamente se conformarán las franjas de seguridad requeridas para la pista. Considerando que se ejecutarán diversas medidas de protección ambiental durante el período de construcción el impacto generado será mínimo y aplicando las medidas de mitigación propuestas se espera el restablecimiento de la mayoría de los factores ambientales afectados mientras que para otros se tendrá una compensación pues se consideran como impactos residuales.

Por todo lo anterior se concluye que la ejecución del proyecto no causará desequilibrios ecológicos ni rebasará los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la protección al ambiente y a la preservación y restauración de ecosistemas; y considerando los beneficios sociales y económicos que el proyecto traerá, este es ambientalmente viable.

---

## 5. CONCLUSIONES

Es evidente que la planificación, sea urbana o aeroportuaria, debe ser emprendida con un enfoque integral, retroalimentarse, y equilibrarse, hasta su culminación, para satisfacer todas aquellas necesidades que plantearon su creación.

Si la zona urbana y el aeropuerto se originaron de fuentes distintas, deben mantener vínculos permanentes de coordinación, que permitan un desarrollo balanceado e integrado, y así dar cumplimiento a las metas y objetivos de su concepción.

Para lograr una coexistencia armónica y manejable entre zona urbana y aeropuerto, en el mediano y largo plazos, es recomendable la creación de un grupo con participación de ambas instancias (aeropuerto-ciudad), que coordine la atención de las necesidades operativas y territoriales para un desarrollo sustentable de ambos entes, dentro de los horizontes de planeación considerados.

Es importante resaltar que el transporte aéreo no es un fin en sí mismo; es parte del sistema circulatorio que permite que el mundo se mueva, que facilita el flujo de personas y bienes y que es fundamental para el desarrollo de los países. Por lo que, su evolución no se debe ser evaluada únicamente en términos de los pasajeros transportados, la rentabilidad de las aerolíneas o el número de empleos directos que genera; también se deben de considerar sus efectos indirectos y catalizadores para el resto de la economía.

El proyecto de desarrollo urbano y económico del área de influencia del aeropuerto debe generar efectos positivos en la calidad de vida de la población que habita este territorio. En este sentido, los proyectos no solo deben impulsar acciones para mejorar la infraestructura y la competitividad física de la región, sino también promover propuestas para mejorar las condiciones de vida de las personas que reciben los efectos directos o indirectos de estos nuevos desarrollos.

---

En este sentido, conocer estas condiciones es un punto de partida para formular propuestas que promuevan el desarrollo social de las zonas y de esta forma se generen acciones integrales para mejorar la calidad de vida de las personas.

Para lograr una coexistencia armónica y manejable entre zona urbana y aeropuerto, en el mediano y largo plazos, es recomendable la creación de un grupo con participación de ambas instancias (aeropuerto-ciudad), que coordine la atención de las necesidades operativas y territoriales para un desarrollo sustentable de ambos entes, dentro de los horizontes de planeación considerados.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- Ing. Federico Dovali Ramos. Apuntes de la clase de Aeropuertos. Facultad de Ingeniería UNAM. Semestre 2008-1
- Ing. Óscar E. Martínez Jurado. Apuntes de la clase de Sistemas de Transportes. Facultad de Ingeniería UNAM. Semestre 2007-2
- Juan pablo Antún, Carlos García Nieto, Francisco García Benítez. **Del aeropuerto a la ciudad aeropuerto oportunidades para operadores logísticos de carga aérea en tercera línea operando en alianza con “low cost airlines**. Instituto de Ingeniería.2009
- Biólogo Raúl E. Arraiga becerra. **EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA TERMINAL 2 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO**. Trabajo presentado en el 2º diplomado internacional interdisciplinario urbano-ambiental para aeropuertos.
- Ing. jean-Yves Carrasco. **“EL AEROPUERTO, UN CONCEPTO EN EVOLUCIÓN PERMANENTE”**. Primea edición. México D.F. edit. asociación mexicana de vías terrestres, A.C. 100 paginas
- Apuntes y fotografías del **SEGUNDO DIPLOMADO INTERNACIONAL DE PLANEACIÓN INTERDISCIPLINARIA URBANO AMBIENTAL PARA AEROPUERTOS**. ASA-POS-GRADO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA.2008
- Jorge González Velázquez. **PLANEACIÓN DE AEROPUERTOS Y DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA**. Tata Technologies de México S.A. de C.V. 2011.



- 
- Pere Suau Sánchez y Montserrat Pallarés Barberá. **PLANIFICACIÓN AEROPORTUARIA Y ESTRATEGIAS AMBIENTALES EN CATALUÑA**. 1era edición. Departamento de Geografía Universidad Autónoma de Barcelona.2007, 121 pgs.
  - Ministerio de Planificación División de Planificación, Estudios e Inversión. **METODOLOGÍA DE PREPARACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE AEROPUERTOS**. Diciembre de 2009
  - Página web de Grupo Aeroportuario Centro Norte. **Marco Regulatorio**. Enero 2012  
<http://www.oma.aero/es/somos/marco-regulatorio.htm>
  - Consorcio B. Veritas de Colombia-Ecofrest. **GUIA AMBIENTAL PARA LA OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO DE AEROPUERTOS**. Ministerio del medio ambiente. Bogotá, mayo de 2001
  - Corporativo Acuicultura Profesional. **MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA TERMINAL 2 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO**. ASA. México D.F. 2003.
  - Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea. **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA AMPLIACIÓN DE AEROPUERTO DE TENERIFE NORTE**. España, mayo de 2004
  - AEROPUERTOS Y SERVICIOS AUXILILARES-CONACYT. **ESTUDIO DE DESARROLLO PARA MEJORAR PUNTOS CRITICOS DEL AEROPUERTO DE PUEBLA**. México D.F. abril de 2008
  - Gobierno del estado de Sonora. **MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD REGIONAL “AEROPUERTO DEL MAR DE CORTES”** Junio de 2009
  - PROPOLARE-INGENIEROS CONSULTORES. **MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DEL SECTOR VÍAS GENERALES DE COMUNICACIÓN EN SU**



---

**MODALIDAD REGIONAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL “ANGEL ALBINO CORZO”.** Gobierno del estado de Chiapas, mayo de 2004

- Grupo Aeroportuario Centro Norte. **MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL MODALIDAD PARTICULAR “AMPLIACIÓN DE INFRAESTRUCTURA EN EL AEROPUERTO DE SAN LUIS POTOSÍ.** Mayo de 2012
- Consultoría ambiental integral de Oaxaca. **MANIFESTACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL “CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LAS FRANJAS DE SEGURIDAD DE LA PISTA 11-29 DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE COZUMEL.** Enero de 2012.
- Organización de aviación Civil Internacional. **MANUAL DE DISEÑO DE AERODROMOS PARTE 1, PISTAS.** Tercera edición-2006
- Organización de aviación Civil Internacional. **MANUAL DE DISEÑO DE AERODROMOS PARTE 1, CALLES DE RODAJE, PLATAFORMAS Y APAR-TADEROS DE ESPERA.** Tercera edición-2006
- Organización de aviación Civil Internacional. **MANUAL SOBRE LOS ASPECTOS ECONOMICOS DE LOS AEROPUERTOS.** Segunda edición-2006
- Álvaro Serrano Rodríguez-Departamento de Tecnología Espacial. **PLAN DIRECTOR DE UN AEROPUERTO.** Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica Mayo de 2012.
- Servicios de Aeropuertos Bolivianos. **PLAN MAESTRO INVERSIONES SABSA.** Bolivia 2005
- Dirección de Cooperación Técnica de OACI. **PLAN MAESTRO DEL AEROPUERTO DEL SUR-COSTA RICA.** Costa Rica 2005.
- Alfonso Herrera García. **INNOVACIONES EN LA TECNOLOGÍA AEROPORTUARIA.** Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro 2008.

- 
- Alfonso Herrera García, Jorge Jerónimo Martínez Antonio, Jonatán Omar González. **DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE CARGA AÉREA EN AEROPUERTOS ALTERNOS: UNA PROPUESTA METODOLOGICA.** Instituto Mexicano del Transporte. Querétaro 2008.
  
  - Víctor Valdés. ACCESO A LA INFORMACIÓN, CAPACIDAD INSTITUCIONAL E INEFICIENCIA EN EL TRANSPORTE AÉRE EN MÉXICO. Centro de Investigación para el Desarrollo. México D.F. 2009  
[http://reddecompetencia.cidac.org/es/uploads/1/Acceso\\_a\\_la\\_informacion\\_Fragilidad\\_y\\_Eficiencia\\_en\\_transporte\\_aereo.pdf](http://reddecompetencia.cidac.org/es/uploads/1/Acceso_a_la_informacion_Fragilidad_y_Eficiencia_en_transporte_aereo.pdf)
  
  - Camara de Comercio de Bogota. **CARACTERIZACIÓN URBANISTICA, SOCIAL Y AMBIENTAL DEL ENTORNO DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL EL DORADO.**  
[http://camara.ccb.org.co/documentos/3019\\_caracterizacion\\_urbanistica\\_entorno\\_eldorado.pdf](http://camara.ccb.org.co/documentos/3019_caracterizacion_urbanistica_entorno_eldorado.pdf)
  
  - Enrique Moreno Sánchez. **EL AEROPUERTO Y EL MOVIMIENTO SOCIAL DE ATENCO.** Centro Universitario UAEM. Abril 20101  
<http://scielo.unam.mx/pdf/conver/v17n52/v17n52a4.pdf>

