



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ARAGÓN"

T E S I S

"APUNTES DE AEROPUERTOS 2006"

PRESENTADA POR:
JULIO CÉSAR MURILLO ARREDONDO
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

ASESOR: ING. JOSÉ MARIO ÁVALOS HERNANDEZ

ENERO

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



AGRADECIMIENTOS



A DIOS:

AGRADESCO A DIOS POR HABERME DADO LA GRACIA DE NACER EN ESTE PAÍS TAN HERMOSO Y POR DARME LA OPORTUNIDAD DE ESTUDIAR EN LA MEJOR DE LAS ESCUELAS.

**A MIS PADRES:
MIGUEL MURILLO Y CARMEN ARREDONDO**

POR DARME LA VIDA, POR QUE SON LOS MEJORES DEL MUNDO, Y POR QUE SIN ELLOS NO HUBIERA PODIDO HACER NADA.

**A MIS HERMANOS:
JESÚS, CARMEN, MIGUEL, MONICA Y MOISES**

POR QUE EN ELLOS ENCONTRE EL APOYO QUE TODA PERSONA NECESITA, Y POR QUE EL ESFUERZO TAN GRANDE QUE HICE, NO SOLO FUE MIO, SINO DE TODOS ELLOS.

**A MI NOVIA:
GLADYS FABIOLA**

POR ESTAR SIEMPRE CONMIGO EN LOS MOMENTOS BUENOS Y MALOS, PERO MÁS AUN, POR QUE ME AMA COMO YO A ELLA.

A TODOS MIS MAESTROS.

GRACIAS A ELLOS PUDE TENER UNA FORMACION PROFESIONAL, Y FUERON ELLOS LOS QUE ME GUIARON SIEMPRE POR EL CAMINO DE LA ENSEÑANZA.

A TODOS MIS AMIGOS:

CON LOS CUALES HE VIVIDO MOMENTOS QUE NO CAMBIARIA POR NADA, GRACIAS: DANTE, JUAN RODRIGO, EDGAR, MIGUEL, PABLO, RAFA, CÉSAR, FERNANDO; Y DISCULPEN SI NO LOS PONGO A TODOS, PERO NECESITARIA OTROS DOS LIBROS.



CONTENIDO



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
Historia de la Aviación	2
Aviación en México	17
1. EL SISTEMA AEROPORTUARIO	19
1.1. Usuario	20
Relación Entre la Comunidad y el Aeropuerto	20
1.2. Vehículo	24
Los Aviones	24
Partes del avión	25
Fuselaje	25
Alas	27
Cola	28
Motor	29
Tren de Aterrizaje	31
Instrumentos de Control	34
Instrumentos Flexibles de Control	35
1.3. Vía	42
Tránsito Aéreo	42
Navegación Aérea	45
Meteorología	45
Despacho y Control de Vuelos	46
Capacidad Instalada	48
2. EL VEHICULO	51
2.1. Clasificación De Los Aviones	52
Aviación Comercial	53
Aviación Militar	59
Aviación General	64
3. EL MEDIO AÉREO	71
3.1. La Ruta Aérea, Aerovía.	72
3.2. Control Del Tránsito Aéreo.	75
Funcionamiento y Equipo	76
Ayudas a la Navegación	77
Problemas del Control del Tráfico Aéreo	82



4. PLANEACIÓN DE AEROPUERTOS	83
4.1. Métodos de Planificación	84
Planificación General del Desarrollo del Aeropuerto	84
Procesos de la Planificación	87
Metodología de la Planificación	87
Sistema de Planificación	88
Elementos de Planificación	89
Causas que afectan el proceso de la planificación	92
4.2. Factibilidad de Infraestructura	94
Demanda de Transporte Aéreo	95
Oferta de infraestructura aeroportuaria	97
Análisis de Factibilidad	98
4.3. Análisis de la Demanda	100
Demanda Para Fines de Planificación	100
Prospectiva de la Demanda	101
Parámetros Para Estudio de Capacidad.....	102
Área de Influencia	103
Área de Influencia de Aviación Comercial	107
4.4. Estudios de Evaluación Para el Emplazamiento	108
Evaluación y Selección del Emplazamiento	108
Estudio de Mercado	110
Estudio Aeronáutico	112
Estudio Meteorológico	112
Estudio Topográfico	116
Estudio de Impacto Ambiental	117
5. SISTEMAS DEL AEROPUERTO	119
5.1. Espacios Aéreos	120
Sistema Aéreo	120
Espacios Aéreos Según la OACI	120
5.2. Proyecto Geométrico	125
Características Generales de las Pistas	128
Características Generales de las Calles de Rodaje	131
Características Generales de las Plataformas	134
Nivelación del Terreno	137
5.3. Pistas	139
Orientación de Pistas	140
Rosa de los Vientos	141
Superficie Limitadora de Obstáculos	144
Número de Pistas	150
Longitud de Pistas	151



5.4. Calles De Rodaje	159
Calles de Entrada y Salida	159
Tipos de Calles de Desviación	160
Calles de Salida a Gran Velocidad	162
5.5. Plataformas	164
Clasificación	164
Características	165
Tipos de Terminal	166
Superficie de la Plataforma	170
5.6. Edificio Terminal	172
5.7. Pavimentos	186
Pavimento Flexible	187
Pavimento Rígido	189
Selección del Tipo de Revestimiento	194
5.8. Zona De Combustibles	207
Distribución del Combustible	208
5.9. Otras Edificaciones	210
Vialidad	210
Zona de Salvación y Extinción de Incendios	211
Servicio Telefónico	214
Servicio Electromecánico	215
Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias	220
Zona de Mantenimiento	223
Zona de Carga	228
Drenaje	231
6. OPERACIÓN DE AEROPUERTOS	235
6.1. Operación Aeroportuaria	236
Ingresos Aeroportuarios	237
Ingresos Aeronáuticos	237
Ingresos No Aeronáuticos	239
Beneficios Económicos Para la Región	239
Beneficios Sociales	240
CONCLUSIONES	241
BIBLIOGRAFIA	244



INTRODUCCIÓN



HISTORIA DE LA AVIACION

ANTECEDENTES

Volar... volar siempre fue el sueño de la humanidad, sin dudar que la idea se remonte a la edad de las cavernas, cuando los hombres –que surgen del mito y la leyenda- contemplaban a los pájaros, por lo que al paso del tiempo fortalecieron su imaginación y crearon ángeles y deidades que ungieron de magia y virtudes para luego adorarlos como Dioses, y trataron de imitarles hasta que, finalmente, espiando el vuelo de las águilas, mariposas y halcones, se logró el propósito que, bañado de éxitos, risas, lágrimas y sangre, llegó finalmente como una feliz conquista más del hombre que, ahora, continúa urgando los espacios luego de colocar los pies sobre la superficie lunar

Así, volar es ya tangible, el pan de cada día, pero el futuro no se detiene al igual que la ambición de los humanos que no han aminorado su marcha hacia el universo, donde majestuosamente se encuentra abierta la era espacial que, por increíble que parezca, está ya al alcance de la mano del hombre, que ha convertido la leyenda y la ficción en una asombrosa realidad.



Icaro

Cuenta la mitología que Dédalo, prisionero del Rey Minos de Creta, en su afán por escapar del cautiverio, ideó unas alas que le ayudarían, a él y a su hijo Icaro, a volar sobre los mares. Con una cera mágica fueron asegurados los dos pares de alas sobre las espaldas de cada uno de ellos... ¡Y realizaron su sueño!

Lograron volar y salir de Creta. Pero cuando Icaro se sintió con aquel Don que nunca antes había tenido, su emoción fue grande. Y desoyendo los consejos de su padre se elevó tanto que el calor del sol derritió la cera que sujetaba las alas a sus espaldas. Icaro cayó y se hundió en las profundidades del mar, que se llamó Icaria.

En la Odisea, Homero habla de Mercurio, El Mensajero de Los Dioses, con los piés alados.



La escuela de Pitágoras presentía la aviación e hizo varias tentativas aritméticas para resolver el problema de la aplicación del movimiento alado al hombre.

Architas, persiguiendo lo mismo, inventó la cometa y el barrilete.

Glicas y Cassiodoro, dos personajes misteriosos de la misma época, también crearon, máquinas para volar, pero como hicieron cómplices de su esfuerzo a poderes naturales, no se tomaron en cuenta.

Antes de Cristo

500 años a.C., primer antecedente del helicóptero. Los chinos crean un trompo volador –juguete que consistía en un palo con una hélice acoplada a un extremo, que al girar entre las manos, salía volando-.

400 años a.C, los chinos, inventores de la pólvora, usaron cometas con figuras de aves, para enviar mensajes a sus tropas.

350 a. C, Archytas de Tarento, griego, amigo de Platón, construyó un aparato en forma de ave, que volaba mediante un procedimiento que fué mantenido en secreto.

Después de Cristo (d.C. 0-1000)

En el año 66 d. C. En tiempos de Nerón, se hicieron en Roma los primeros experimentos de vuelo. Simón el mago, que se hacia llamar el Mecánico fue el primer aviador. La crónica de los tiempos cuenta así éste extraordinario suceso: "Una vez concedido el permiso, el impío poseído del diablo, montó sobre el satánico aparato, descendiendo de la tercera colina y recorrió un largo espacio, como a unos 20 codos de la tierra ilusionando al público con magia del Condenado. El Obispo de la ciudad desarmó los poderes infernales con sus plegarias al Señor, consiguiendo de su benevolencia que el impío cayera de su máquina y se rompiese el cráneo". La iglesia, combatiendo el progreso, impidió que la Ciudad Eterna volviese a contemplar un nuevo experimento, guardando para siempre el secreto del primer aviador, víctima de su talento y de su audacia.

En el año 67 d.C. El Imperio de Bizancio fue el más dulce para los conquistadores del aire, y en tiempos de Emmanuel Comneno se afirmó la teoría del plano inclinado, principio científico de la aeronáutica moderna. De lo alto de la torre del Hipódromo de Constantinopla, en tiempos de este Emperador, un sarraceno voló con un aparato de su invención basado en el poder sustentador del plano inclinado.

En el año 975 d. C., El árabe Abdul Kausin Ben, el benedictino inglés Oliver de Malmesburg, -1060- y, el italiano Juan Bautista Danti de Perusa, -1490-, utilizaron pequeños planeadores, exitosamente.



El siglo XIII

Siglo XIII, Roger Bacon, en lo que se refiere a la descripción, por lo menos inaugura la verdadera era científica. En su tratado sobre la admirable potencialidad del arte de la naturaleza, habla de la aviación y lanza la idea de "hacer máquinas para volar", en las cuales el hombre puede estar suspendido en medio del aparato, que pondrá en movimiento, accionando cierta manivela que comunique con las alas, de manera que estas batan el aire tal como lo hacen las aves.

En 1436

En el año 1436, Jean Muller, profesor de Baviera, se hizo famoso con dos artilugios mecánicos capaces de volar y movidos por mecanismos de relojería. Uno era una "mosca mecánica" que saliendo de sus manos volaba en círculos, y la otra un "Aguila de Hierro" que voló en presencia del Emperador Federico "El Pacífico".

En el siglo XV

En el siglo XV, Leonardo Da Vinci inicia sus trabajos experimentales y nos hereda sus magistrales dibujos de artefactos voladores, planeadores y paracaídas. Legó sus folletos Codice Sul Volo Degli Ucelli, en 1505, ideas fundamentales. Habla de superficies "almidonadas de forma cóncava", sitúa al tripulante del planeador acostado boca abajo en la parte inferior de la máquina, pues "de esa manera ofrecería menos resistencia al aire".



Leonardo da Vinci

El inicia la verdadera época del estudio racional de la aviación. Después de analizar a las aves durante 16 años, Da Vinci se propuso construir un aparato que imitando el vuelo de los pájaros, le permitía remontarse en los aires. Hizo por fin el experimento de su máquina en Francia, en el Castillo de Amboise, que domina la corriente del Loira. La Corte, la familia real y una multitud de curiosos asistieron a la exhibición. Leonardo obtuvo permiso de S.M. y desapareció.

Al poco rato reapareció en el aire, agitando sus articulaciones de madera y seda según lo había prometido.



Dio algunas vueltas, pero se desgarró la seda del ala izquierda y a 10 metros del suelo, el aparato y el hombre se estrellaron. Afortunadamente para Da Vinci, en el último momento resolvió hacer montar sobre la máquina a un sirviente en su lugar. El genio, no siempre está reñido con la prudencia. Da Vinci, a pesar de la catástrofe, no se dió por vencido, y en el castillo de Saint Brice, en La Turena, continuó por mucho tiempo los ensayos y del pájaro artificial nacieron el paracaídas y el helicóptero. El primero, es más o menos el mismo que usó ese día.

También en el siglo XV, el sabio inglés Robert Hooke, construyó una máquina voladora que era impulsada por un mecanismo de relojería.

Además, Juan Bautista Dante, matemático de Perusa, construyó alas artificiales que le permitían elevarse en el aire. Hizo varios ensayos sobre el lago Trasimeno.

En el siglo XVI

Siglo XVI Cyrano de Bergerac deja el recuerdo del primer viaje a la luna, utilizando para su literatura la aplicación de principios de física, acorde al conocimiento de su época. Siglo XVI, alrededor del año 1559, un artista italiano, llamado Pablo Guidotti, que nació en Lucca, ejecutó varios vuelos con éxito. No se tienen documentos, pero en libros de la época se encuentra el dato siguiente: "Pablo Guidotti, un pintorcillo de Lucca, parece que se elevaba por los aires, sirviéndose de alas confeccionadas de piel de ballena recubiertas de plumas. En uno de sus ensayos se rompió el fémur y murió".



Cyrano de Bergerac

Siglo XVI, alrededor del año 1559, un artista italiano, llamado Pablo Guidotti, que nació en Lucca, ejecutó varios vuelos con éxito. No se tienen documentos, pero en libros de la época se encuentra el dato siguiente: "Pablo Guidotti, un pintorcillo de Lucca, parece que se elevaba por los aires, sirviéndose de alas confeccionadas de piel de ballena recubiertas de plumas. En uno de sus ensayos se rompió el fémur y murió".

Siglo XVI un benedictino inglés: Oliver de Malmesbury, confeccionó una máquina según la reseña de Ovidio, y en Inglaterra, desde lo alto de una torre, se lanzó...y al suelo, rompiéndose las dos piernas. Se consolaba en su desgracia diciendo que el experimento hubiera dado buen resultado de no haberse olvidado de proveerse de una cola empenachada.

Siglo XVI, otro de los precursores ingleses, un tal Wilkins, autor de un libro sobre magia matemática, había pensado en la construcción de un coche volante, en el cual pudiera sentarse una persona. No hicieron experimentos, felizmente para él.

Siglo XVI nace la aerostación, que a la postre ofrece las primeras oportunidades a los hombres de despegar de la tierra y conocer la gloria de las alturas.

1667 en México

En 1667, un hombre cuyo nombre se ignora, inventó un extraño artefacto muy semejante a los aeróstatos de años mas tarde, en el que se elevó en lo que ahora es la Avenida 5 de Mayo, del Puerto de Veracruz, México, para luego caer en los médanos del Perro. El audaz aeronauta, se rompió una pierna al aterrizar.

El siglo XVIII

1709, 8 de agosto el sacerdote brasileño Bartolomé Lorenzo de Guzmán, consiguió levantar del suelo 20 palmos en un globo de papel grueso bajo los techos de la Casa Real de Lisboa, Portugal. El hecho no tuvo ninguna repercusión.

1783, 5 de junio, los hermanos José Miguel y Etienne Montgolfier, en el pueblo de Annonay, Francia, hicieron volar un globo lleno de aire caliente que se elevó a considerable altura y descendió intacto. Posteriormente, embarcaron en la canastilla de otro globo a un pato, un gallo y un borrego, en Versalles, ante el rey y la corte. .



El globo Montgolfier

1783, 21 de noviembre, el primer vuelo fue tripulado por Pilatre de Rozier y el marqués de Arlandes, los que prácticamente inauguraron la época en la que el hombre conquistaba los cielos.

1783 el monge Laurent de Guzmán, familiar de la Emperatriz Eugenia, de Francia, en presencia del Rey Juan V, se elevó en una canasta de mimbre coronada por una esfera hinchada. Subió hasta los tejados más altos y descendió sin ningún tropiezo.

1784, Madame Thilbe hizo una ascensión en Lyon, Francia.



1784, fracasaba Josef María Alfaro –de Tuxpan, México- en el primer intento de alcanzar las alturas en globo, pero aún así le siguieron otros más por lo que el periódico la “Gaceta” en una de sus publicaciones advirtió que la elevación en esta metrópoli era de 2,750, varas sobre las riveras del mar y aconsejó que las máquinas tendrían que construirse con mayor amplitud dado que “el aire que aquí respiramos... es más ligero”.

1785, 6 de febrero, don Antonio María Fernández, capitán del Regimiento Provincial de Tlaxcala, México, logró volar con un globo aerostático de papel de 3 cuartos de alto y seis y media de ancho preparado con “unión de azeite en la que se consumirían dos cuartillos y humo de paja incendiada, acomodada en una especie de canastilla de alambre en lo interior de ella y que lo comunicase a toda circunferencia”. Ascendió piramidalmente como 100 varas y navegó horizontalmente más de media legua por la playa a cuya inmediación cayó.

1785, perece Pilatre de Rozier, al tratar de cruzar en globo, el Canal de la Mancha.



Globo sobre Versalles

1787 el marqués de Bacqueville inventa una máquina y con ella se lanza desde el balcón de su domicilio, para recorrer mas de 300 metros en dirección del Jardín de las Tullerías, donde debía de terminar la prueba.

El siglo XIX

1809 el inglés sir Georges Cayley publicó la primera teoría mecánica del aeroplano, poniendo en evidencia el principio fundamental del sostenimiento obtenido por la velocidad.

1825, los hermanos Ibar, carpinteros de oficio, elevaron un enorme globo en lo que hoy es la Alameda, frente a la iglesia de Corpus Christi, durante la celebración del aniversario del Grito de Dolores, en la Ciudad de México.

1835, 12 de febrero, Guillermo Eugenio Robertson se elevó en un globo y repitió su hazaña el 13 de septiembre y el 11 de octubre y, en éste último viaje, llevó como compañera a una damita, en la Ciudad de México.

1842 en Inglaterra, George Cayley y W.H. Phillips, se elevaron en un aparato con motor de vapor, con lo que sorprenden a cientos de espectadores.



1842, 3 de abril, Benito León Acosta, hace su primera ascensión en la Ciudad de México y lo logra nuevamente el primero de mayo.

1884, Krebs y Renard idearon y construyeron un globo de forma alargada, parecida a la de un pez, le agregaron un canastillo y un pequeño motor. Poco después, Santos Dumont, brasileño y el conde de la Vaulx, francés, perfeccionaron este nuevo modelo de aerostato.

1848, William Henson y John Stringfellow, fabricaron el primer modelo aeronáutico impulsado por un pequeño motor de vapor, que voló con éxito, lo que se considera el inicio tecnológico motorizado en la aviación. El aparato no era tripulado.

Sucesos históricos

1857 hace su aparición en el panorama aéreo mexicano, don Joaquín de la Cantoya y Rico, quien, en alguna ocasión, subió al aerostato vestido de charro y montando a caballo y, en otro ascenso, se estrelló contra un vitral, entró al comedor de una casa y cayó sobre la mesa, lo que disgustó a los comensales, que lo molieron a palos.

1876, nace Richard W. Pearse, hombre talentoso que desarrolló su propia máquina voladora, con la cual, se dice, logró un vuelo efectivo y asombroso, en Nueva Zelanda, estado de la Comunidad Británica conformado por dos islas al sureste de Australia...Siete meses antes del inicial de los hermanos Wright.

1880 se inventa el dirigible, una "aeronave" llena de gas, con motor y propulsor, que podía ser maniobrada y girada en el aire.

1883, en México, el francés Adolphe Theodore , fracasó varias veces en su intento por elevarse en un globo, ante millares de espectadores que habían pagado por ver el espectáculo. Terminó en la cárcel.

1884, nace el dirigible, un aparato fusiforme de 50 metros de largo, tripulado por los capitanes franceses Renard y Krebs, quienes lograron viajar varios kilómetros.

1891 La paternidad del avión se le atribuye al ingeniero francés Clement Ader, quien en 1897 logró volar a lo largo de 300 metros antes de desplomarse, lo que fue considerado como un fracaso. Ader, decepcionado y arruinado interrumpió sus experimentos y dejó el campo libre al alemán Otto Lilienthal, quien logró resolver con sus planeadores una serie de problemas de vuelo.

1895, el estudiante de ingeniería Luis Bringas escribió los primeros estudios serios sobre el vuelo horizontal en México.

1896, Cuando se disponía a dotar de motor a uno de sus planeadores, Lilienthal sufrió el accidente que acabó con su vida, después de 2,000 vuelos exitosos.



1896 Samuel P. Langley, lanzó una máquina voladora desde el Río Potomac. El pequeño aparato cubrió más de media milla.

1896, Octavio Chanute inició sus experiencias con planeadores cerca del Lago Michigan y, posteriormente, entra en relación con dos hermanos que se dedicaban a la construcción de bicicletas. Eran de Dayton, Ohio y se llamaban Wilbur y Orville Wright.



Julio Verne

Siglo XIX, Julio Verne maravilló a sus lectores con sus aparatos aéreos y con la hazaña de enviar un proyectil a la luna.

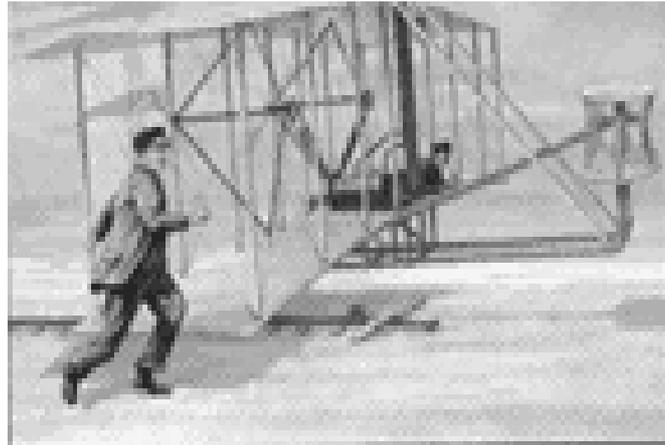
1900 a 1910

1901, otro pionero aeronáutico, el brasileño Santos Dumont, voló sobre París una nave más ligera que el aire e incluso dió varias vueltas a la Torre Eiffel.

1903 fracasa un nuevo modelo de Samuel P. Langley, debido a que se estrella en el Potomac, después de haber despegado.

1903 -II Milenio-, el 17 de diciembre en la playa de Kitty Hawk, cerca de Dayton, Ohio, Estados Unidos, da principio la historia oficial y formal de la conquista del espacio.

Wilbur y Orville Wrigth, los constructores de bicicletas habían dotado a su planeador con un motor de gasolina de 12 caballos de fuerza y cuatro cilindros en línea. Sólo hubo cinco testigos de lo que estaba a punto de ocurrir. Orville se tendió boca abajo y no en posición vertical como hasta entonces lo habían hecho los demás -es para ofrecer menor resistencia al aire, diría después- olvidando o quizá desconociendo los postulados de Leonardo da Vinci.



Los hermanos Wright

El motor aceleró y retumbó en la playa solitaria. Orville permaneció de bruces. Finalmente soltó el freno que lo sujetaba y la máquina salió por el riel colocado para tal fin. Wilbur corrió a su lado sosteniendo una de las alas. De pronto, el aparato dejó de tocar el riel, Wilbur soltó el ala y en ese momento, en cuanto el pequeño y frágil avión despegó del suelo, se inició oficialmente la conquista del espacio, con un vuelo de escasos 59 segundos y 852 pies de altura.

Luego sería Wilbur quien ocupara el puesto de piloto. Los hermanos zurcaron los aires cuatro veces más aquel día, totalizando unos 300 metros de vuelo dirigido y autónomo. Posteriormente, en otro intento, una racha de viento dañó el pequeño y frágil aparato.

Así se convirtieron oficialmente en los primeros humanos en la historia, que dejaron la tierra a bordo de una máquina más pesada que el aire, controlada y con energía propia.

1907 en Francia, Louis y Charles Breguet, lograron alzar medio metro del suelo y volar durante un minuto.

1907 el francés Paul Cornu en un helicóptero de su invención, despegó medio metro durante 30 segundos.

1908 el ingeniero ruso Igor Sikorsky realizó los primeros experimentos sobre helicópteros, pero posteriormente huyó a Estados Unidos, en donde en 1917 diseñó aviones de transporte y fundó en Connecticut la compañía Vought-Sikorsky.

1909, 25 de julio, Louis Bleriot, logra cruzar el Canal de la Mancha, despegando de Calais, Francia.

1910, los Wright establecen una compañía de exhibiciones y escuela, en donde aceptan a mujeres para entrenarlas como pilotos.



Alberto Braniff

1910, 8 de enero, Alberto Braniff es el primer mexicano que vuela un avión en la Ciudad de México y en Latinoamérica.

1911 a 1920

1911 Calbraith P. Roger's, vuela de Nueva York a California y gana un premio de 50 mil dólares ofrecido por el editor William Randolph Hearst.

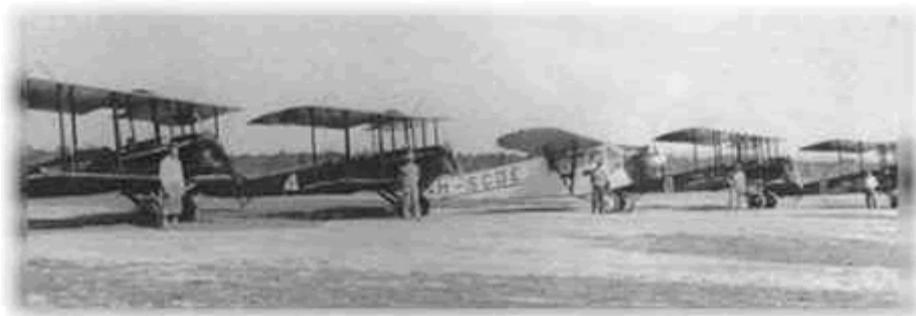
1911, el 30 de noviembre, Francisco I. Madero es el primer Presidente en el mundo, que viaja en avión. Ocurrió en la Ciudad de México, en los llanos de Balbuena durante 10 minutos. El piloto era el francés George Dyot.

1912 se utiliza el avión por primera vez en una guerra: La de Los Balcanes.

1912, el Almirantazgo y Ejército Británico unieron sus actividades para formar la Royal Flying Corp con "alas": Una para el Ejército y otro para la Marina.

1914, después de volar en compañía de Alberto Braniff, don Joaquín de la Cantoya y Rico resbaló en las escaleras de su domicilio y murió posteriormente.

1914, el Almirantazgo Británico retiró a sus efectivos de la Royal Flying Corp y creó la Royal Naval Air Service.



Royal Flying Corp

1914 – 1918 emplean aviones en la conflagración europea y nace la leyenda de "Los Guerreros Caballeros", aquellos ases que registraron 5 o más aniquilamientos de aviones enemigos, tales como el inglés Edward Mannock, el canadiense Billy Bishop, el estadounidense Eddie Rickenbaker –con 26



victorias- y el francés René Fonck, al igual que los alemanes Max Immelman y el temido “Barón Rojo” Alfred von Richthofen.

1915, 5 de febrero, el Presidente Venustiano Carranza ordena la creación de la aviación militar dentro del Ejército Constitucionalista Mexicano.

1915 se crea el Comité de Asesoría Nacional de Aeronáutica –NACA- de los Estados Unidos, lo que fue el inicio para lo que hoy en día es la NASA.

1916 el Instituto Smithsonian apoya los experimentos con cohetes de Robert H. Goddard.

1917, Nace el portaviones, siendo el primero un crucero inglés de batalla de 22,450 toneladas, que fue transformado suprimiéndole la torre de proa e instalándole una plataforma.

1918 se inaugura el Servicio de Correo Aéreo del gobierno de los Estados Unidos.

1919, mayo, tres naves de la Marina de la Unión Americana salieron por primera vez a una misión al Atlántico, sin escalas. Despegaron de Long Island a Portugal. Uno naufragó y su tripulación fue rescatada. Otro pudo elevar el vuelo, tomando como pista las aguas del mar y, el tercero llegó a salvo.

1919, el capitán J. Alcock y el teniente A. Whitten Brown, cruzan por primera vez el Atlántico sin escalas por Terranova a Irlanda, en un avión Vickers Viny.

1919, surgen las grandes compañías aéreas KLM, holandesa; la alemana Lufthansa; la belga Sabena; la Compañía Mexicana de Aviación; la checoslovaca CSA, así como varias estadounidenses.

1919 el español Juan de la Cierva añadió un rotor de giro libre a un aeroplano normal provisto de alas y hélice. A esta capacidad de girar por sí mismo debe la máquina el nombre de autogiro.

1920, Hollywood inicia varias series cinematográficas sobre la aviación.

1920, El teniente Richard E. Byrd y el piloto Floyd Bennet, sobrevolaron por primera vez el Polo Norte en un trimotor Fokker y el mismo Byrd, con Bernt Balchen, voló después sobre el Polo Sur.

1921 a 1930

1921, Los estadounidenses comenzaron sus pruebas aéreas para bombardear buques, para lo que utilizaron los que les habían sido entregados por los Alemanes.

1923, EL primer vuelo sin escalas en atravesar Estados Unidos fue tripulado por los tenientes John A. Macramy y Oakley G. Kelly a bordo de un monoplano



Fokker T-2 que recorrió las 2,250 millas entre ambas costas en menos de 27 horas.

1923 el doctor George de Bothezab, construye el helicóptero “Flying X”, una máquina en forma de X con un rotor en cada esquina y logra elevarse cerca de 6 pies –1,82 metros-.

1925, los expertos estipularon que las pistas de despegue y aterrizaje deberían tener 2,700 piés de longitud.

1925, los italianos Francesco de Pinedo y Ernesto Campanelli, a bordo del hidroplano “Savoia – Marchetti”, emprenden el vuelo más largo hasta entonces efectuado: Roma-Australia- Japón-Roma.

1927. el estadounidense Charles Augustus Lindbergh, a bordo de su avión “Spirit of Saint Louis”, cruza solo el Atlántico. Sale de Nueva York y llega a París.

1928, 11 de junio, el capitán Emilio Carranza inició la travesía México – Washington, pero tuvo que aterrizar unos 90 kilómetros antes de su meta, en Mooesville, Carolina del Norte. El 12 de julio, el piloto mexicano pereció al caer su avión en los pantanos de Sandy Ridge, cerca de Holly Mount, Nueva York.

1928 De la Cierva piloteó un autogrio desde Croydon –cerca de Londres- hasta París, lo que constituyó la primera travesía sobre el Canal de La Mancha.

1929, el 9 de marzo, Charles Lindbergh trajo a México el primer vuelo de la Panaméricana, un trimotor Ford procedente de Brownsville. Acompañaban al piloto su mamá y Bill Stout, diseñador de ese avión, el primero comercial de brillante aluminio en su mayor parte.



Lindenberg

1930 se inicia la fabricación en todo el mundo de unos 500 autogiros del modelo de De la Cierva, principalmente el C-30A.

1930, el piloto millonario y director de películas Howard Hughes se inicia en la producción de películas de la Primera Guerra Mundial. En la cinta “Hells Angels” intervienen 80 aviones. El costo fué de 4 millones de dólares.

1930 se inicia la fabricación en todo el mundo de unos 500 autogiros del modelo de De la Cierva, principalmente el C-30A.



1930 se fabrica el primer helicóptero ruso, un I-EA. Para 1936 se lograron versiones mejoradas, pero las sangrientas purgas de Stalin en los equipos de trabajo, frenan los experimentos, que posteriormente se completan con la fabricación del II-EA, que se probó hasta 1940.

1931 a 1940

1931, el paracaidista –con un solo ojo- Wiley Post, en un Lockheed Vega bautizado “Winniemaë” y acompañado por el Australiano Harold Gally, dió la vuelta al mundo en 8 días 15 horas y 51 minutos. Post moriría años después en un accidente en el que también perecería el humorista Will Rogers.

1935, se efectúa el primer vuelo comercial directo Transpacífico a China, en un aparato de Pan American Airways que se elevó por encima de las aguas de la Bahía de San Francisco, el 22 de Noviembre.

1936 el profesor alemán Heninrich Focke diseña el prototipo de helicóptero FW-61.

1937, el colosal dirigible “Hindernbur” se incendia en Lakehuest y ello significa el sepulcro de las enormes naves.

1937, el costo de un avión ligero de dos asientos, en los Estados Unidos fué de 1,935.00 dólares tres veces el precio de un Ford Sedán.

1937, el número de aviones privados con licencia en la Unión Americana era de menos de 3 mil, contra 25 millones de automóviles registrados. 1937-38 el helicóptero Focke Wulf establece récords al alcanzar una velocidad de 120 kp/h y una elevación de 3,373 metros, así como una permanencia en el aire de una hora y 20 minutos.

1939 Focke diseña el helicóptero VS-300, y establece la moderna configuración de estos aparatos, dotados de un solo rotor principal y otro pequeño en la cola.

1939, la Feria Mundial que entonces se celebraba en Nueva York, ofreció a Francisco Sarabia romper la marca de velocidad a la Ciudad de México. Ocupó 2 mil litros de combustible y 120 litros de lubricantes. Sarabia, en su “Conquistador del Cielo” salió de los campos de Balbuena y llegó al de Floyd Bennet a las 18 horas 40 minutos y 9 segundos. Había volado 10 horas 47 minutos y 5 segundos, con lo que consiguió su propósito. Al regresar, el avión se desplomó en las aguas del Río Potomac en Washington.

1940 Focke Wulf construye el FA-223, dotado con un motor de 1,000 caballos de vapor, con capacidad para 6 pasajeros.

1940, al estallar la Segunda Guerra Mundial muchas fueron las batallas aéreas, pero quizá la principal fué la que escenificaron en los cielos de la Gran Bretaña, del 12 de Agosto al 31 de Octubre los “Stukas” y “Messerchmitt” alemanes, contra los “Hurricanes” y los “Spitfire” ingleses. La acción fue conocida como la



Batalla de Inglaterra. La isla no pudo ser invadida al rechazar la Real Fuerza Aérea todas las investidas de la Luftwaffe.



El "Hurricane" inglés

1940, Aviones Ingleses lanzan torpedos "Sworfish" que dañan el timón del buque acorazado "Bismark" lo que permite que las unidades de superficie lo acorralaran y hecharan a pique.

1941 a 1960

1941, el 7 de diciembre la flota estadounidense estacionada en Pearl Harbor fue atacada y prácticamente reducida a chatarra, por aviones Japoneses de la flota del Almirante Nagumo. Bastaron los efectivos de 6 portaviones japoneses "Kaga", "Akagi", "Huryu", "Zuikui", " Soryu" y " Shokakau " con un total de 450 aviones para hundir en un ataque dividido en un par de oleadas, a dos acorazados y dejar otros 6 gravemente con daños de diversa cuantía, así como a otros buques e instalaciones en tierra.

1944, en el Golfo de Leyte fueron acorralados los japoneses y perdieron la última batalla aeronaval de la Segunda Guerra Mundial.

1944, los aviadores japoneses escribirían en el cielo una epopeya de sangre, fuego, y valor suicida: Los Kamikaze

1944, México declara la guerra al Eje y envía al Escuadrón 201 de la Fuerza Aérea Expedicionaria Mexicana, con 129 elementos.

1945 se efectúa el primer rescate en el mar por medio de un helicóptero, frente al Estrecho de Long Island, Nueva York.

1945, desde un "B-29", el Enola Gay, fué arrojada la primera bomba atómica. El Holocausto de Hiroshima y poco después el de Nagasaki, siguen estremeciendo al mundo.

1946, después de la guerra el sueño americano era tener un avión y éste año fueron adquiridos 33 mil 254 unidades. Incluso la tienda departamental "Macy's" de Nueva York agregó el Eurcorpe -con dos asientos- a su inventario. De manera bastante normal los elevadoristas de la tienda al detenerse en el 5º piso anunciaban: "Fajas para damas, calcetines para caballeros, aviones y aparatos domésticos"

1946 el Congreso de la Unión Americana autorizó que el Instituto Smithsonian coleccionara y exhibiera en el Museo Nacional del Aire, todo lo relacionado con la aviación.



1947, el Bell X-1 tripulado por Charles E. Yeager, rompe la velocidad del sonido al volar a más de Mach-1, nombre en honor del físico austriaco Ernest Mach. Tal marca equivale a 1,200 KPH.

1958, se lleva a cabo el primer salvamento con un helicóptero desde la azotea de un edificio en llamas. Rescataron a dos empleados atrapados en la Torre de Control en construcción del Aeropuerto Internacional de Bruselas.

1961 a 1970

1961, el Ruso Yuri Gagarín, se convierte en el pionero de los héroes que viajan al espacio, mientras otra soviética, Valentina Tereshkiva era la primer mujer astronauta en el mundo.

1962 John Glenn a bordo de una nave espacial, sale de órbita de la tierra.

1965, 3 de junio, el astronauta Edward H. White II, se convierte en el primer hombre en caminar en el espacio.

1966 El Instituto Smithsonian, en Estados Unidos, expande sus exhibiciones para incluir vuelos espaciales y desde entonces se le conoce como el Museo Nacional del Aire y el Espacio.

1967, el avión cohete X.15-2 establecía en plena era de vuelos supersónicos, el récord de 4,530 nudos, o sea 8,348 KPH. Y nacía así el cohete tripulado.

1969, 16 de Julio a las 7 : 32 horas de México, desde la base de Houston, parte el cohete Saturno de 610 metros de altura, que impulsó la nave Apollo 11 hacia la Luna.

1969, 20 de Julio a las 14:18 horas el Saturno llegó a Selene, a las 20:56 horas. Neil Amstrong pisó la superficie lunar y minutos después lo haría Edwin E. Aldrín, mientras Michael Collins esperó en el módulo llamado Columbia el regreso de sus compañeros, durante 2 horas con 12 minutos.

1969, 24 de Julio, los tres conquistadores espaciales que comprobaron que la luna no era de queso, estaban de regreso en la tierra .

Y, la historia

Continúa...

AVIACIÓN EN MÉXICO

El 8 de Enero de 1910 inicia la Historia de la Aviación en México. En un breve vuelo el joven deportista y acaudalado mexicano Alberto Braniff se convirtió en el primer hombre en volar un avión propulsado a motor en toda Latinoamérica, un avión Voissin sirvió para tal efecto. Una vez que se hicieron los arreglos necesarios para tratar de obtener la mayor potencia posible de su endeble motor se realizó el vuelo en los llanos de Balbuena (donde hoy se encuentra el Aeropuerto Internacional de la CD. de México).

Así como el valeroso Braniff, también otros mexicanos pronto probarían las sensaciones del vuelo a motor.



Al siguiente año; en 1911; un hecho parece dar rumbo a la aviación mexicana. En un vuelo de casi 12 minutos el Presidente Francisco I. Madero se convierte en el primer jefe de estado en el mundo en volar en un avión a invitación del piloto Geo Dyot el 30 de noviembre de 1911. Madero impresionado por las posibilidades que ofrecía el aparato autorizó la compra de dos aviones monoplanos Morane -Saulnier a la escuela de aviación norteamericana Moissant International Aviation School, así como la instrucción de cinco jóvenes mexicanos, cuatro civiles y un cadete del ejército en Long Island Nueva Jersey dichos pilotos fueron los hermanos Juan Pablo y Eduardo Aldasoro Suárez, Gustavo Salinas Camiña, Horacio Ruiz Gaviño y Alberto Salinas Carranza; todos ellos pasaron a formar parte de la historia como los precursores de la Fuerza Aérea Mexicana.





Durante la rebelión del General Pascual Orozco (1912), participaron 2 aviones Moisant Bleriot del Ejército Federal volados por el norteamericano Héctor Worden y el Mexicano Francisco Alvarez.

Durante este año ocurrió el primer contrabando de armas por aire por el piloto inglés John L. Longstaff; con un biplano Farman; quien establecía una especie de correo y transportaba armas a los rebeldes, desde Laredo (Texas) durante las noches.

No mucho tiempo después, el 26 de marzo de 1913, el entonces gobernador de Coahuila, Don Venustiano Carranza proclama el plan de Guadalupe mediante el cual desconocía el gobierno del usurpador Huerta, el movimiento para reestablecer la legalidad es secundado por gran parte del pueblo mexicano. Con 3 monoplanos Moisant Morane, un puñado de jóvenes pilotos mexicanos y extranjeros, liderados por el Capitán Alberto Salinas Carranza, formaron la primera unidad militar de aviación llamada Flotilla Aérea Constitucionalista, ese mismo año.

Es hasta el 5 de Febrero de 1915 que se crea el primer antecedente directo de la Fuerza Aérea Mexicana, cuando el primer Jefe del Ejército Constitucionalista Encargado del Poder Ejecutivo de la Nación Don Venustiano Carranza, crea el Arma de Aviación Militar Dentro del Ejército Constitucionalista que consta de 3 monoplanos Moisant/morane, en que vuela un número de pilotos extranjeros, como Leonard Bonney, Charles Niles, Jorge Pufflea etc. Designándose como jefe de dicha Arma al Mayor Alberto Salinas Carranza.



I EL SISTEMA AEROPORTUARIO



1.1 USUARIO.

RELACIÓN ENTRE LA COMUNIDAD Y EL AEROPUERTO

El problema resultante de la incorporación de las actividades de un aeropuerto en la estructura de la vida urbana es complejo. En los principios del transporte aéreo, los aeropuertos estaban ubicados a cierta distancia de la ciudad, que teniendo en cuenta el poco costo del terreno y el pequeño número de obstáculos permitía un máximo de flexibilidad en las actividades de aquel. Debido a la naturaleza de las aeronaves y a la poca frecuencia de vuelos, el ruido no resulta problema para la comunidad. Además la baja densidad de población en las inmediaciones del aeropuerto y el ligero tráfico aéreo obviaba los accidentes causantes de la alarma de la comunidad. A pesar de la existencia de las primeras reclamaciones judiciales, las relaciones entre el aeropuerto y la comunidad estuvieron relativamente libres de rivalidades resultantes de los problemas del ruido o del peligro.

Las actividades del aeropuerto se han visto estorbadas paulatinamente debido a las dificultades planteadas por el desarrollo industrial en relación con el aeropuerto y la atracción que la industria por el bajo costo de los terrenos adyacentes, así como los accesos que para el transporte le proporcionaba no solo al propio aeropuerto, sino también a la red de carreteras a el mismo asociadas.

Aunque el denso desarrollo residencial tuvo su origen en este estímulo económico, no hay que olvidar los efectos de la sorprendente expansión suburbana que tuvo lugar durante la época de la posguerra como resultado del aumento de demanda de viviendas y de un periodo de prosperidad económica.

El enorme desarrollo experimentado por el transporte aéreo en si mismo ha provocado nuevos problemas. El fenomenal crecimiento del tráfico aéreo ha incrementado la probabilidad de una reacción desfavorable de la comunidad, pero la evolución experimentada por las aeronaves ha causado un profundo efecto en cuanto a relaciones aeropuerto-comunidad se refiere. El mayor tamaño de velocidad de aquellos ha dado como resultado el incremento de las necesidades en las aproximaciones y en las pistas, mientras que el aumento de potencia de los motores ha originado un casi inevitable incremento de ruido.

De cara a estos problemas, el aeropuerto deberá hacer frente a los que se derivan de asegurar el suficiente espacio aéreo para el acceso por aire, el suficiente terreno para las actividades en tierra y el mismo tiempo, el adecuado acceso al área metropolitana.



Para el dimensionamiento de un aeropuerto deben considerarse los usuarios, los cuales pueden ser múltiples y se diferencian por su comportamiento y por los servicios que esperan. Estos pueden ser:

- a) Pasajeros nacionales e internacionales, y entre ellos, con o sin equipaje.
- b) Los acompañantes, que conducen al aeropuerto a los pasajeros que parten o que vienen a buscar a los que llegan; el porcentaje de acompañantes con respecto a los pasajeros varía según el aeropuerto, por ejemplo, se puede hablar de un 18% de acompañantes para vuelos nacionales y un 25% para internacionales en el aeropuerto de la ciudad de México.
- c) Los visitantes. Son los que por alguna razón visitan el aeropuerto, y por lo tanto es muy difícil cuantificarlos.
- d) Equipaje. Este depende de la naturaleza del vuelo, ya sea nacional o internacional.

Embarque de pasajeros.

Los métodos que se utilizan para el embarque de pasajeros en un aeropuerto son:

1. Pasarela Estacionaria.

Esta va a una salida del edificio terminal, la aeronave se estaciona con la proa hacia dentro, deteniéndose con la puerta delantera frente a la pasarela, la cual se alarga hacia la aeronave a una pequeña distancia, habiendo una variación pequeña entre la altura de la cabina principal de la aeronave y el piso de la terminal.

2. Pasarela Extensible.

Uno de los extremos de la pasarela telescópica va unida 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.

3. Escalera Móvil.

La escalera se lleva hacia la aeronave y se ajusta para que coincida con el nivel de la plataforma.



4. Transbordadores.

Los pasajeros suben a un autobús o a un trasbordador especialmente para ese uso en el edificio terminal y son conducidos a un lugar de estacionamiento de aeronaves alejado.

5. Aeronaves con Escalerilla Propia.

Este procedimiento es igual al de la escalera móvil, donde, ya parados los motores, la tripulación despliega la escalerilla, propia del avión, y los pasajeros van a pie o son conducidos en autobús a lo largo de la plataforma.

6. Salas Móviles.

Con las salas móviles, la distancia que los pasajeros deben recorrer andando, se reduce al mínimo; el pasajero esta protegido totalmente de ruidos; el embarque de los pasajeros del edificio terminal a la aeronave se efectúa al mismo nivel.



Salas Móviles



Pasarela Estacionaria



1.2 VEHICULO

LOS AVIONES

Como definición tenemos que un **Avión** también denominado **Aeroplano**, es un aerodino de ala fija, o aeronave más pesada que el aire, provisto de alas y un cuerpo de carga capaz de volar, propulsado siempre por uno o más motores. Los aeroplanos incluyen a los monoplanos, biplanos y triplanos.

En el caso de no tener motor se trataría de un planeador y en el caso de los que superan la velocidad del sonido se denominan aviones supersónicos.

Suelen clasificarse en aviones civiles (que pueden ser de carga, transporte de pasajeros, entrenamiento, sanitarios, contra incendios, etc.) y aviones militares (carga, transporte de tropas, cazas, bombarderos, de reconocimiento o espías, de reabastecimiento en vuelo, etc.).

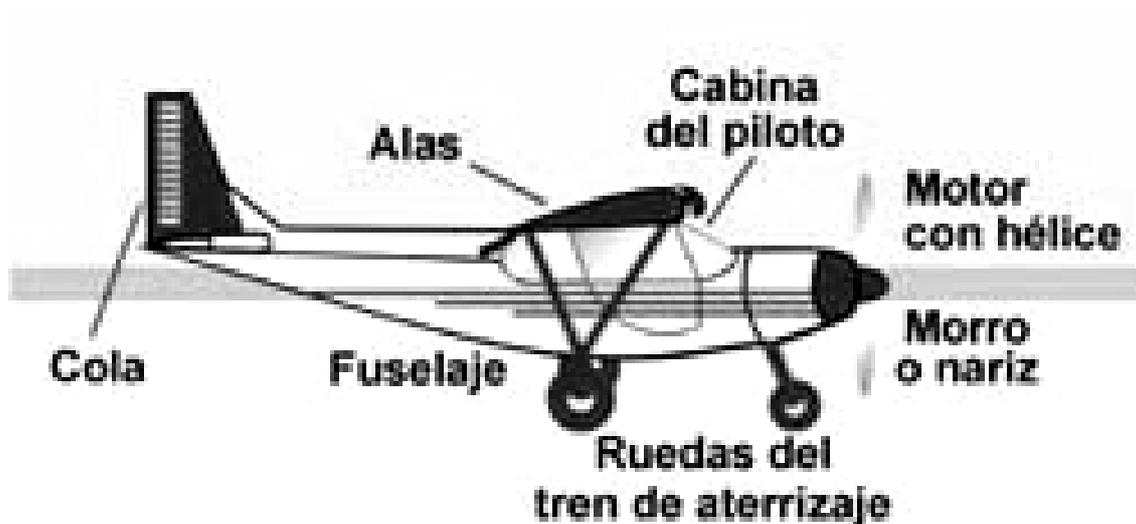
Su principio de funcionamiento se basa en la fuerza aerodinámica que actúa sobre las alas, haciendo que la misma produzca una sustentación. Esta se origina en la diferencia de presiones entre la parte superior e inferior del ala, producida por su forma especial.

Todo el que ha viajado en avión o simplemente lo haya visto volar no puede menos que preguntarse cómo una máquina más pesada que el aire puede despegar de una pista, mantenerse en el aire, trasladarse de un punto a otro sin perder el rumbo y aterrizar de nuevo en el aeropuerto de destino.

Independientemente del fabricante, tipo, modelo y tamaño, los aviones poseen elementos comunes sin los cuales no podrían volar. Todos necesitan un fuselaje, alas, cola y superficies flexibles para el control del vuelo. De hecho, solamente con esos elementos un planeador puede volar y aterrizar sin necesidad de tener ningún motor que lo impulse, aunque este tipo de avión para levantar vuelo necesita utilizar un mecanismo auxiliar que le suministre el impulso inicial para el despegue, como por ejemplo un automóvil que lo arrastre por la pista enganchado a un cable. Una vez que el planeador despega, el piloto libera el cable que lo une al dispositivo de arrastre y ya puede continuar el vuelo solo, aprovechando las corrientes de aire ascendentes.

Para rodar por la pista, antes del despegue y después de aterrizar, los aviones utilizan ruedas de goma (neumáticos), que forman parte del tren de aterrizaje, aunque los hidroaviones lo sustituyen por flotadores que le permiten acuatizar (cuando lo hace en agua dulce) o amarizar (si lo hace en el mar). Existen también aviones provistos de patines que le permiten aterrizar y despegar sobre superficies nevadas.

PARTES DEL AVIÓN



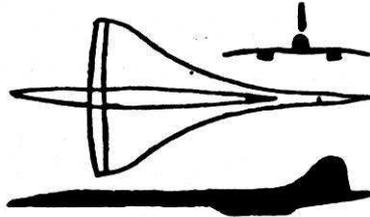
Como se dijo antes, independientemente de su tamaño y potencia, todos los aviones están formados por las siguientes partes principales:

- **Fuselaje.**
- **Alas.**
- **Cola.**
- **Motor.**
- **Tren de aterrizaje.**
- **Instrumentos de control.**
- **Superficies flexibles de control.**

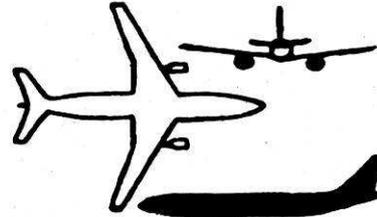
Fuselaje.

El fuselaje es el cuerpo del avión al que se encuentran unidos las alas y los estabilizadores tanto horizontales como verticales. Su interior es hueco, para poder albergar en su interior a la cabina de pasajeros y la de mandos y los compartimentos de carga. Su tamaño, obviamente, vendrá determinado por el diseño de la aeronave, tiene que ser, necesariamente, aerodinámico para que ofrezca la menor resistencia al aire. Esta es la parte donde se acomoda la tripulación, el pasaje y la carga. En la parte frontal del fuselaje se encuentra situada la cabina del piloto y el copiloto, con los correspondientes mandos para el vuelo y los instrumentos de navegación.

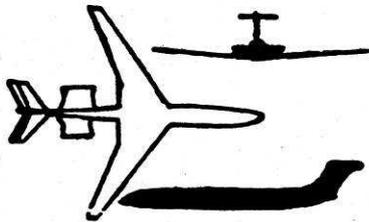
Aerospatiale/BAC Concorde



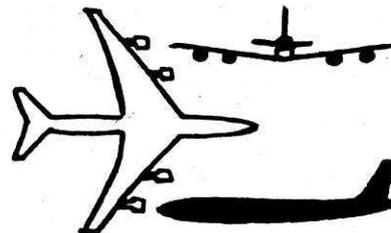
A300, Airbus



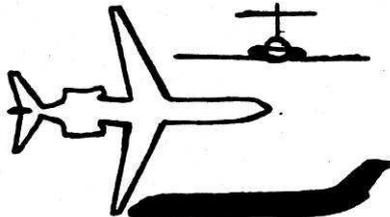
BAC Super VC10



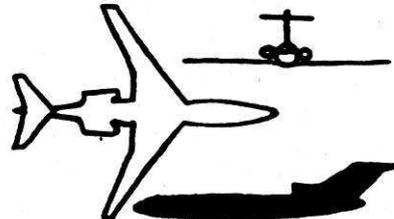
Boeing 707-320



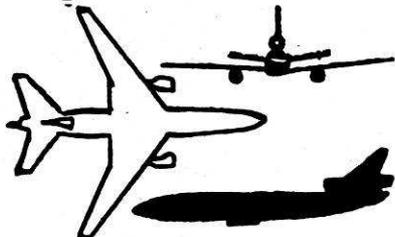
Douglas DC9



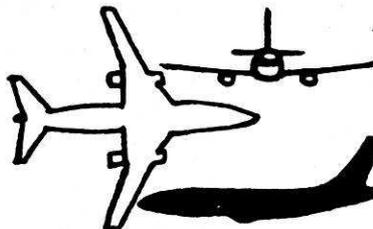
Boeing 727



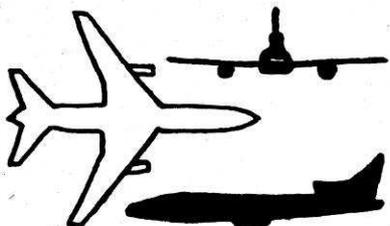
Douglas DC-10



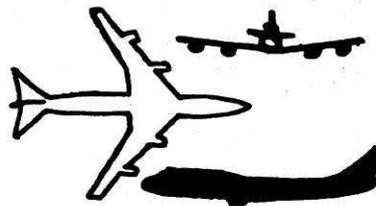
Boeing 737



Lockheed L-1011



Boeing 747



Fuselajes de aeronaves

Alas.

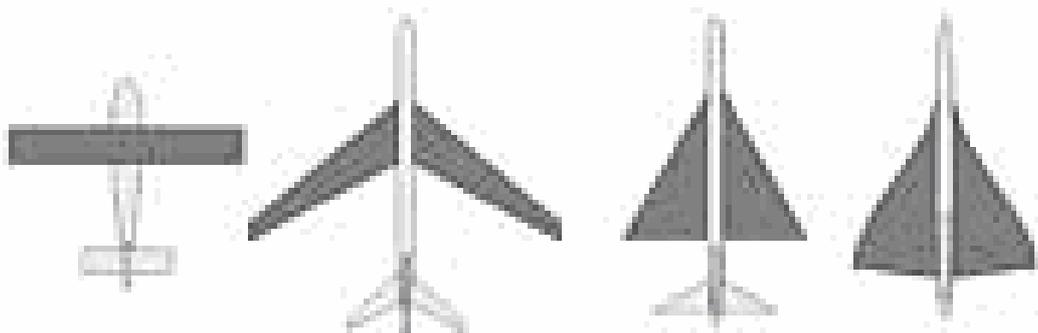
Constituyen la parte estructural donde se crea fundamentalmente la sustentación que permite volar al avión. En los aviones que poseen más de un motor, estos se encuentran situados en las alas y en el caso que sean de reacción también pueden ir colocados en la cola. Además, en las alas están ubicados los tanques principales donde se deposita el combustible que consumen los motores del avión

Al diseño, estructura de la superficie y sección transversal de las alas los ingenieros que crean los aviones le prestan una gran importancia y éstas varían según el tamaño y tipo de actividad que desempeñará el avión.

Para que un avión pueda realizar las funciones básicas de despegue, vuelo y aterrizaje es necesario que las alas incorporen también algunas superficies flexibles o movibles que introducen cambios en su forma durante el vuelo.

Entre las funciones de algunas de esas superficies flexibles está incrementar la creación de la sustentación que mantiene al avión en el aire, mediante la introducción de variaciones en el área de las alas u ofreciendo mayor resistencia al aire durante las maniobras de despegue y aterrizaje. De esa forma se logra reducir al mínimo la velocidad necesaria para despegar o aterrizar, cuestión ésta que dependerá del peso y tamaño del avión, así como de las recomendaciones del fabricante.

Las alas de los aviones modernos pueden tener diferentes formas en su sección transversal y configuraciones variadas. Podemos encontrar aviones con alas rectas o con otras formas como, por ejemplo, en flecha o en delta.



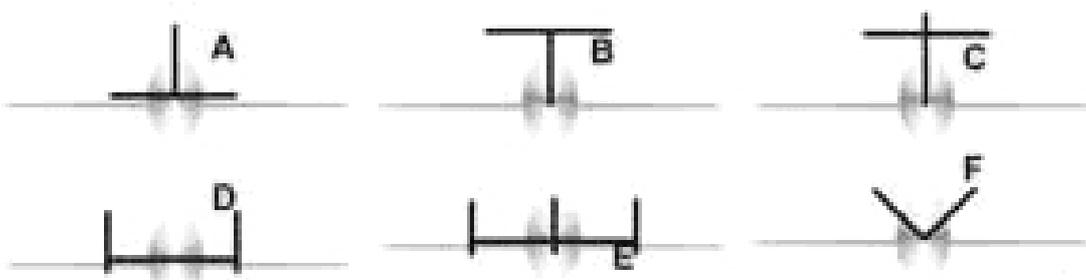
Algunas de las diferentes formas de alas que podemos encontrar en los aviones

En la actualidad se está generalizando el uso de los winglets en aviones de tamaño medio para uso particular o ejecutivo y también en los comerciales para transporte de pasajeros, como el Boeing 737-800, el 747 y el Airbus 320. Esos aviones incorporan en la punta de las alas una extensión doblada hacia arriba, casi de forma vertical, cuya función es disminuir la turbulencia que se

forma en ese lugar durante el vuelo, con lo cual se mejora el rendimiento aerodinámico. Los winglets permiten disminuir, aproximadamente, un 4% el consumo de combustible en vuelos que superen los mil 800 Km., ya que permiten reducir la potencia de los motores sin que por eso disminuya la velocidad del avión.

Cola.

En la mayoría de los aviones la cola posee una estructura estándar simple, formada por un estabilizador vertical y dos estabilizadores horizontales en forma de "T" invertida, de "T" normal o en forma de cruz, aunque también se pueden encontrar aviones con dos y con tres estabilizadores verticales, así como en forma de "V" con estabilizador vertical y sin éste.



Diferentes tipos de colas. (A) Estándar, (B) En forma de "T", (C) En forma de cruz, (D) Con dos estabilizadores verticales, (E) Tres estabilizadores verticales, (F) "V-Mariposa".

Estabilizador Horizontal.

Son 2 aletas más pequeñas que las alas, situadas en posición horizontal (generalmente en la parte trasera del avión), en el empenaje y en distintas posiciones y formas dependiendo del diseño, las cuales le brindan estabilidad y que apoyan al despegue y aterrizaje. En ellos se encuentran unas superficies de control muy importantes que son los elevadores (o también llamados timones de profundidad) con los cuales se controla la altitud del vuelo mediante el ascenso y descenso de estas superficies, que inclinarán el avión hacia adelante o atrás, es decir, el avión subirá o bajará a determinada altitud y estará en determinada posición con respecto al horizonte. A este efecto se le llama **elevación** o **descenso**



Estabilizador Vertical.

Es una aleta que se encuentra en posición vertical en la parte trasera del fuselaje (generalmente en la parte superior). Su número y forma deben ser determinadas por cálculos aeronáuticos según los requerimientos aerodinámicos y de diseño, que le brinda estabilidad al avión. En éste se encuentra una superficie de control muy importante, el timón de dirección, con el cual se tiene controlado el curso del vuelo mediante el movimiento hacia un lado u otro de esta superficie, girando hacia el lado determinado sobre su propio eje debido a efectos aerodinámicos. Este efecto se denomina **cabeceo**

Motor.

Excepto los planeadores, el resto de los aviones necesitan de uno o varios motores que lo impulsen para poder volar. De acuerdo con su tamaño, los aviones pueden tener la siguiente cantidad de motores:

- Uno (monomotor)
- Dos (bimotor)
- Tres (trimotor)
- Cuatro (cuatrimotor o tetramotor)
- Seis (hexamotor).

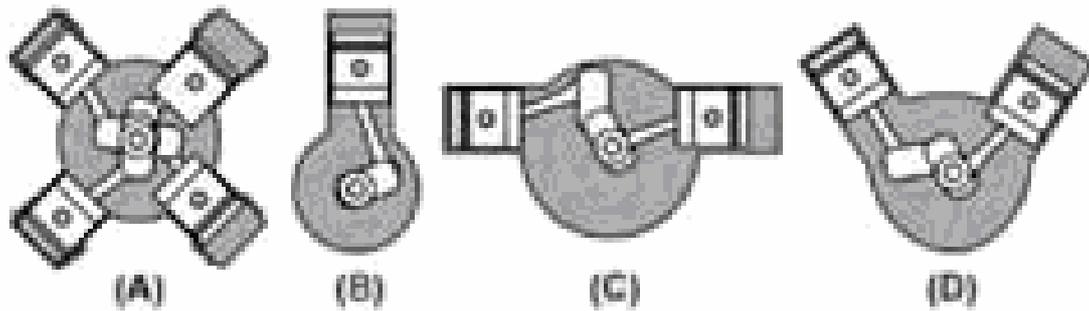
Los aviones monomotores son, generalmente, de pequeño tamaño y llevan el motor colocado en el morro o nariz. Como excepción se puede encontrar algún modelo monomotor que lo lleve invertido y colocado detrás de la cabina del piloto con la hélice enfrentada al borde del estabilizador vertical de cola

Los aviones que tienen más de un motor generalmente los llevan colgados en pilones debajo de las alas, o colocados en la parte trasera del fuselaje en la zona de la cola.

Los dos tipos de motores que podemos encontrar en los aviones son los siguientes:

- De émbolo o pistón (explosión)
- De reacción (turbina)

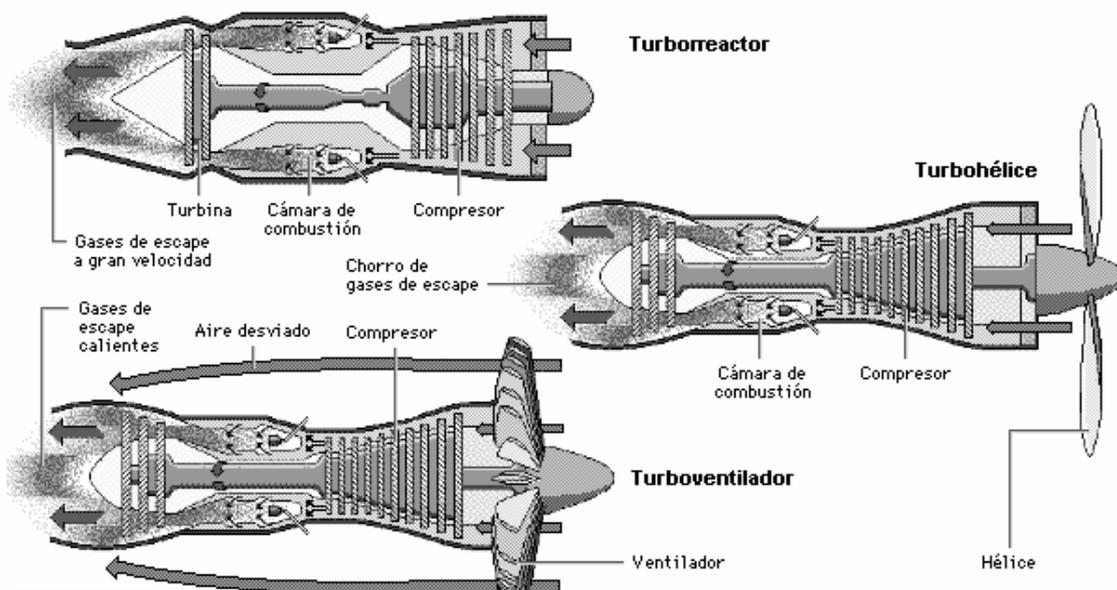
Los motores de émbolo o pistón pueden tener los cilindros colocados en forma radial, lineal, opuestos o también en "V" y utilizar hélices de dos, tres o cuatro aspas fijas o de paso variable. Los turboreactores y los turbofan no utilizan hélice, mientras los turbohélices, como su nombre lo indica, son motores de turbina con hélice acoplada a un reductor de velocidad.



Diferentes tipos de motores de émbolo o pistón utilizados en aviación: (A) Radial, (B) Lineal, (C) Opuestos, (D) En "V".

Los motores de reacción se dividen, a su vez, en tres categorías:

- Turborreactor o turbojet
- Turbofan o turboventilador
- Turbohélice o turbopropela



Motores de reacción:

Los tres tipos más comunes de motores de reacción son el turborreactor, la turbohélice y el turboventilador. El aire que entra en un motor turborreactor se comprime y pasa a la cámara de combustión. Allí el oxígeno del aire se combina con el combustible; es decir, lo quema. Los gases calientes generados hacen girar la turbina que activa el compresor, creándose un ciclo. En las turbohélices, casi toda la potencia la genera la hélice movida por la turbina, y sólo un 10% del empuje se debe a los gases del escape. Los turboventiladores combinan el chorro de gases calientes con aire propulsado por un ventilador,



que también es movido por la turbina y desviado alrededor de la cámara de combustión, lo que reduce el ruido. Esta es la razón por lo que se emplea mucho en la aviación civil.

El motor de reacción se basa en el principio de acción y reacción y se divide en tres grupos: el turborreactor, el turbopropulsor y el cohete. En el turborreactor, el aire que entra en el motor pasa a través de un compresor, donde aumenta su presión. En la cámara de combustión se le añade el combustible, que se quema y aumenta la temperatura y el volumen de los gases. Los gases de la combustión pasan por la turbina, que a su vez mueve el compresor de entrada, y salen al exterior a través de la tobera de escape, diseñada para aumentar su velocidad, produciendo así el empuje deseado. Este motor puede alcanzar velocidades supersónicas. El turbopropulsor o turbohélice es un motor de reacción en el que la energía cinética de los gases de escape se usa para mover la hélice. Se instala en aviones de tamaño medio y desarrolla velocidades entre 480 y 640 km/h. Por último, el cohete es el que contiene el comburente y el combustible, y es el que impulsa los proyectiles teledirigidos. También se han usado cohetes con combustible sólido para suministrar empuje adicional durante la carrera de despegue a aviones de hélice con mucha carga. El motor turbofán es una modalidad del de propulsión a chorro en el que parte del flujo de aire, impulsado por los compresores, sale directamente al exterior produciendo empuje igual que una hélice; también se llama de doble flujo y en los motores grandes la potencia así suministrada puede superar a la del flujo primario. Lo utilizan la mayor parte de los grandes aviones comerciales, ya que consume menos combustible, hace menos ruido y es muy fiable; no puede alcanzar velocidades supersónicas, pero se aproxima a ellas. Se desarrollaron algunos otros tipos de motores de reacción, como el pulsorreactor, que impulsaba la bomba volante alemana V-1, o el estatorreactor, que necesita grandes velocidades para arrancar, usándose sólo como motor auxiliar para aviones supersónicos de velocidad superior a Mach 2. Ambos motores tienen un consumo de combustible muy alto.

Tren de aterrizaje.

Es el mecanismo al cual se fijan las ruedas del avión. Los aviones pequeños suelen tener solamente tres ruedas, una debajo de cada ala y otra en el morro o nariz. En modelos de aviones antiguos o en los destinados a realizar acrobacia aérea, esa tercera rueda se encuentra situada en la cola. En el primer caso la configuración se denomina “triciclo” y mantiene todo el fuselaje del avión levantado al mismo nivel sobre el suelo cuando se encuentra en tierra. En los aviones que tienen la rueda atrás, llamada también “patín de cola”, el morro o nariz se mantiene siempre más levantado que la cola cuando el avión se encuentra en tierra.

En la mayoría de los aviones pequeños que desarrollan poca velocidad, el tren de aterrizaje es fijo. Sin embargo, en los más grandes y rápidos es retráctil, es decir, que se recoge y esconde completamente después del despegue, para que no ofrezca resistencia al aire al aumentar la velocidad de



desplazamiento. Dos de los trenes de aterrizaje se esconden, generalmente, debajo de las alas y el delantero dentro del morro o nariz. Es tan grande la resistencia que puede ofrecer el tren de aterrizaje cuando el avión se encuentra ya en vuelo, que si no se recoge la fuerza que adquiere el viento al aumentar la velocidad puede arrancarlo del fuselaje.

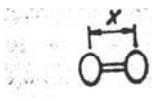
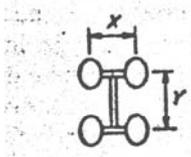
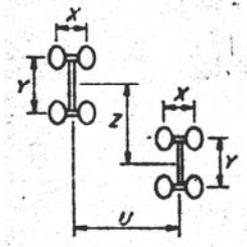
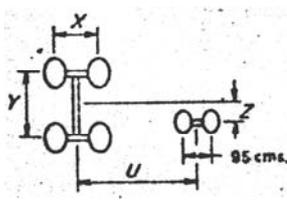
Durante la maniobra de aterrizaje, una vez que el avión enfila la pista, el piloto procede a bajar el tren de aterrizaje accionando el mecanismo encargado de realizar esa función.

Cada uno de los trenes de aterrizaje situados debajo de cada ala lleva generalmente entre dos y ocho ruedas, dependiendo del tamaño y peso del avión. El tren de aterrizaje situado en el morro o nariz tiene una o dos ruedas. Una excepción la constituye el AN-225 Mriá, considerado el carguero más grande del mundo, que tiene 14 ruedas en cada tren de aterrizaje bajo las alas y 4 en el tren delantero.

Cuando un avión rueda por la pista o se dispone a estacionarse ya en la loza del aeropuerto, el piloto cuenta con un dispositivo que sirve como timón para mover el tren de aterrizaje delantero hacia los lados y hacer los giros en tierra.

Al igual que un vehículo terrestre cualquiera, el avión posee también frenos hidráulicos en los trenes de aterrizaje, que actúan sobre las ruedas y detienen el avión. Para ello, una vez que ha aterrizado y disminuido su impulso con la aplicación previa de los frenos de aire (*spoilers*), el piloto oprime con la punta de los pies la parte superior de dos pedales que se encuentran en el piso debajo del timón o la palanca, hasta detenerlo completamente.

Dimensiones principales del tren de aterrizaje. Aviones típicos de transporte

Configuración del tren principal	Tipo de avión	Dimensiones (cm.)				Presión de inflado (Kg./cm ²)
		X	Y	Z	U	
	DC-9 B-737 B-727	63.5 77.5 86.4				10.68 10.40 11.81
	DC-8-61 DC-8-62 DC-8-63 DC-10-10 B-720B B-707-120B B-720-320B Concorde A 300B	76.2 81.3 81.3 137.2 81.3 86.4 87.9 67.0 89.0	139.7 139.7 139.7 162.6 124.5 142.2 142.2 166.9 139.8			13.22 13.15 13.78 12.16 10.19 11.95 12.65 12.93 11.81
	747A, B, C, F	111.7 111.7	147.3 147.3	307.8 307.8	360.7 360.7	14.34 13.00
	DC-10-30 DC-10-40	137.2 137.2	162.6 162.6	76.2 76.2	584.6 584.6	11.04 11.60

Instrumentos de control.

Son dispositivos electrónicos desarrollados con la aviónica que permiten al piloto tener conocimiento del estado general de las partes del avión durante el vuelo, las condiciones meteorológicas, el curso programado del vuelo y diversos sistemas que controlarán las superficies de control para dirigir y mantener un vuelo correcto y seguro. Entre ellos: el horizonte artificial, el radar, el GPS, el autopilot, los controles de motores, los aceleradores, la palanca y los pedales de dirección, etc.

Los componentes necesarios para el control de vuelo de los aviones modernos constan de varios sistemas que se manejan desde la cabina de pilotos mediante una palanca de mando, con o sin volante, los pedales de dirección y un conjunto de instrumentos que proporcionan la información necesaria para su uso.



Panel de control de vuelo: La cabina de un Concorde muestra la complejidad de los controles de vuelo. El equipo electrónico e informatizado de la cabina proporciona información sobre navegación, velocidad, altitud, aterrizaje, y rendimiento del motor.

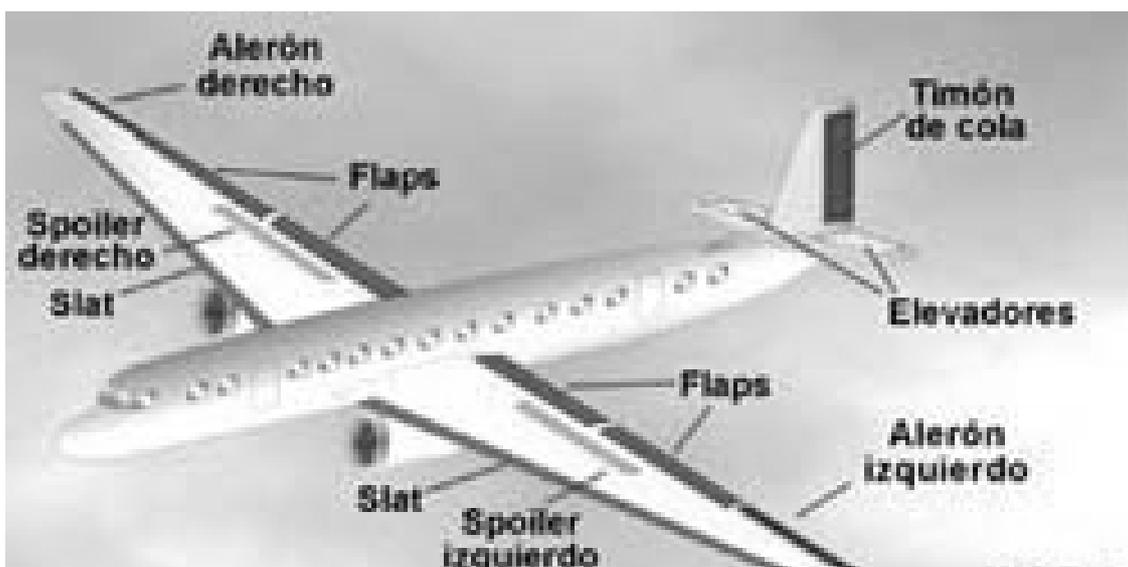
La información necesaria para volar requiere datos de al menos cuatro sistemas: planta de potencia, instrumentos de vuelo, instrumentos de aterrizaje y ayudas a la navegación. Los instrumentos de la planta de potencia indican todos aquellos parámetros que permiten conocer el funcionamiento del motor, y son, entre otros: el tacómetro, que muestra las revoluciones por minuto de cada motor, los indicadores de presión y temperatura de aceite y el medidor de flujo de combustible. Los instrumentos primarios de vuelo dan información de velocidad (anemómetro), dirección (brújula magnética y giroscopio direccional), altitud (altímetros) y actitud (variómetro, bastón, bola y horizonte artificial). Varios de ellos, así como el piloto automático, utilizan datos recibidos de los giróscopos o de las plataformas inerciales, ya sean convencionales o de láser, que suministran información sin ninguna ayuda exterior.



Otro tipo de cabina de control. Los modelos van cambiando según el tipo de avión.

Los instrumentos de aterrizaje necesarios para operar con baja visibilidad son de dos tipos: sistema instrumental de aterrizaje (ILS), que envía señales directas al piloto para asegurar una correcta trayectoria de aproximación, y el control de aproximación de tierra (GCA), que utiliza equipos de radar instalados en tierra para guiar al piloto mediante instrucciones verbales transmitidas por radio durante la maniobra. El ILS se usa en aviación civil y el GCA en la militar, aunque cada vez se extiende más el uso del ILS en ambas. El sistema de luces de aproximación (ALS) proporciona una ayuda visual durante los últimos metros del descenso.

Instrumentos flexibles de control.



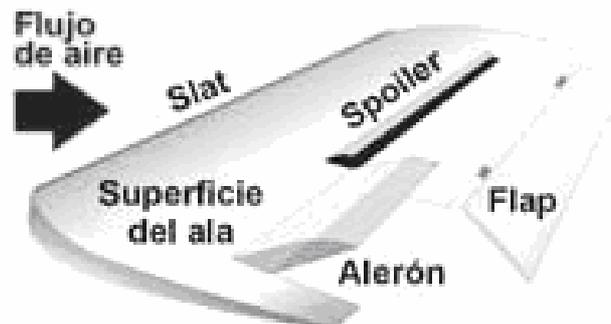
Los aviones poseen, como mínimo, cuatro superficies flexibles o movibles exteriores que le permiten despegar y aterrizar, mantenerse en el aire y cambiar el rumbo. Dos de esas superficies son los alerones y los flaps, situados en las alas; las otras dos son, el timón de dirección (o timón de cola) y el timón de profundidad (o elevadores), ambas situadas en la cola.

El movimiento o control de las superficies flexibles lo realiza el piloto desde la cabina empleando dos dispositivos:

- Timón, (sustituido en algunos aviones por una palanca o bastón)
- Pedales de freno

SUPERFICIES FLEXIBLES DE LAS ALAS.

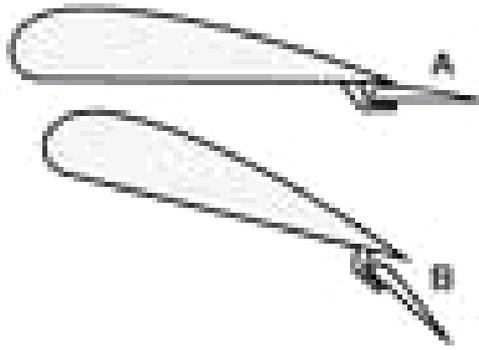
En las alas del avión se encuentran situadas varias superficies flexibles, siendo las dos principales los alerones y los flaps.



Superficies flexibles principales situadas en las alas de los aviones

Alerones. (Ailerons) Se encuentran situados en el borde trasero de ambas alas, cerca de las puntas. Su función es inclinar el avión en torno a su eje longitudinal "X", con el fin de levantar un ala más que la otra, sobre todo al hacer un giro para cambiar la dirección. Esta inclinación la ejecuta el piloto haciendo girar el timón o la palanca hacia la derecha o la izquierda, según se quiera inclinar las alas en un sentido o en otro. Los alerones se mueven en sentido opuesto, es decir, cuando uno sube el otro baja.

Flaps. (o Wing Flaps) Forman parte del borde trasero de las alas. En los aviones pequeños los flaps suben y bajan de forma mecánica mediante una palanca que acciona manualmente el piloto. En los de mayor tamaño y velocidad resulta prácticamente imposible mover las superficies flexibles a mano. Por esa razón en esos aviones una pequeña palanca graduada, situada a la derecha del piloto, junto a los aceleradores de los motores está destinada a accionar el sistema hidráulico que se encargan de moverlos.



Sección transversal de un ala: (A) Flap recogido.
(B) Flap parcialmente desplegado hacia abajo.

La función de los flaps o “wing flaps” es modificar la forma aerodinámica del ala proporcionando una mayor sustentación al avión cuando vuela en régimen de velocidad lento y a baja altura, tanto en el despegue como en el aterrizaje. Durante el despegue los flaps se despliegan parcialmente unos grados hacia afuera y hacia abajo. Esta variación permite un mayor desvío de aire en el ala originando un incremento en la sustentación.

Una vez que el avión se encuentra en el aire, el piloto recoge poco a poco los flaps para eliminar la resistencia adicional que estos introducen al desplazamiento del avión y poder alcanzar la velocidad de crucero, es decir, la velocidad máxima que el fabricante aconseja para cada tipo avión, de acuerdo con su tamaño y potencia del motor o motores. De no recogerse los flaps, al aumentar la fuerza del aire a medida que el avión desarrolla más velocidad puede llegar a desprenderlos de las alas.

Durante la maniobra de aproximación a la pista y la preparación para el aterrizaje es necesario disminuir la velocidad del avión. Cuando se encuentra ya cerca del comienzo o cabeza de la pista, el piloto despliega de nuevo los flaps para aumentar la sustentación, compensando así la que se pierde al disminuir velocidad y altura.

Además de los alerones y los flaps, las alas pueden llevar también los siguientes dispositivos de control:

- Slats
- Spoilers
- Slots.

Slats. Son superficies flexibles aerodinámicas auxiliares situadas en el borde delantero o de ataque del ala, que funcionan automáticamente en algunos aviones o controlados por el piloto en otros. La función de los slats, al igual que los flaps, es alterar momentáneamente la forma del ala durante el despegue y el aterrizaje para aumentar la sustentación, además de facilitar el control del movimiento lateral del avión.



Slat colocado en el borde de ataque del ala

Cuando el ángulo de ataque de las alas se incrementa, los slats se mueven hacia fuera del borde. Ese movimiento provoca que el ángulo de ataque del flujo de aire disminuya con relación al área total de las alas. De esa forma el aire que se mueve por encima del ala se suaviza reduciendo las turbulencias de los remolinos que se forman sobre su superficie durante el vuelo.

Spoilers. Los spoilers o frenos de aire son también superficies flexibles consistentes en dos tiras de metal colocadas sobre la superficie superior de cada ala. El piloto puede levantar cada spoiler de forma independiente durante el vuelo para controlar el movimiento lateral del avión o hacerlos funcionar de forma conjunta, para que actúen como frenos de aire, una vez que el avión aterriza.



Spoiler desplegado sobre la superficie superior del ala.

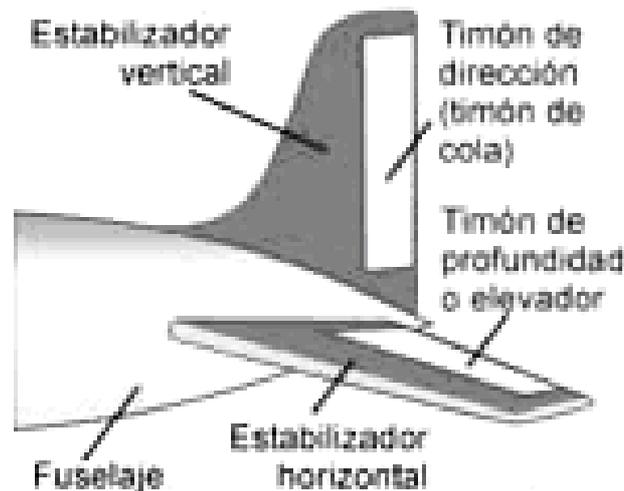
Cuando ambos spoilers se levantan, anulan la fuerza de sustentación y provocan que el avión pierda impulso una vez que ha tocado tierra. De esa forma todo el peso del avión se traslada directamente a las ruedas, facilitando su detención total después que el piloto oprime los pedales de freno que actúan sobre las ruedas.

Slots. Los slots son ranuras situadas cerca del borde de las alas que dejan pasar el flujo de aire cuando ésta cambia el ángulo de ataque. Su función es reducir también las turbulencias que provocan durante el vuelo los remolinos que se generan sobre la superficie del ala.

SUPERFICIES FLEXIBLES DE LA COLA.

En la cola del avión se encuentran situadas las siguientes superficies flexibles:

- Timón de profundidad (o elevadores)
- Timón de dirección (o timón de cola)



Timón de profundidad o elevadores. (*Elevators*) Son superficies flexibles ubicadas en la parte trasera de los estabilizadores horizontales de la cola. La función de los elevadores es hacer rotar el avión en torno a su eje lateral "Y", permitiendo el despegue y el aterrizaje, así como ascender y descender una vez que se encuentra en el aire. Los dos elevadores se mueven simultáneamente hacia arriba o hacia abajo cuando el piloto mueve el timón, o en su lugar la palanca o bastón, hacia atrás o hacia delante.

Cuando el timón o la palanca se tira hacia atrás, los elevadores se mueven hacia arriba y el avión despegue o toma altura debido al flujo de aire que choca contra la superficie de los elevadores levantadas. Si, por el contrario, se empuja hacia delante, los elevadores bajan y el avión desciende.

En los aviones con tren de aterrizaje tipo triciclo, un instante antes de posarse en la pista, el piloto tiene que mover el timón o la palanca un poco hacia atrás para que el avión levante el morro o nariz y se pose apoyándose primero sobre el tren de aterrizaje de las alas y después sobre el delantero.

Timón de cola o de dirección. (*Rudder*). Esta superficie flexible situada detrás del estabilizador vertical de la cola sirve para mantener o variar la dirección o rumbo trazado. Su movimiento hacia los lados hace girar al avión sobre su eje vertical "Z". Ese movimiento lo realiza el piloto oprimiendo la parte inferior de uno u otro pedal, según se desee cambiar el rumbo a la derecha o la izquierda.



Simultáneamente con el accionamiento del correspondiente pedal, el piloto hace girar también el timón para inclinar las alas sobre su eje "Y" con el fin de suavizar el efecto que provoca la fuerza centrífuga cuando el avión cambia de rumbo. Cuando el piloto oprime el pedal derecho, el timón de cola se mueve hacia la derecha y el avión gira en esa dirección. Por el contrario, cuando oprime la parte de abajo del pedal izquierdo ocurre lo contrario y el avión gira a la izquierda.

Actualmente el sistema tradicional de control de movimiento de las superficies flexibles por medio de cables de acero inoxidable acoplados a mecanismos hidráulicos se está sustituyendo por el sistema *fly-by-wire*, que utiliza un mando eléctrico asistido por computadora para accionarlas. Este sistema es mucho más preciso y fiable que el mando por cables de acero y se está estableciendo como norma en la industria aeronáutica para su implantación en los aviones de pasajeros más modernos. El primero en utilizarlo hace años fue el avión supersónico de pasajeros, Concorde, retirado ya del servicio debido a su alto costo de operación. Después se ha continuado utilizando, de forma parcial, en los Airbus A-310, A-300-600 y los Boeing 767 y 757. En la actualidad lo utilizan, de forma generalizada, el Airbus A-320 y el Boeing 777.

Aerón	Fabricante	Envergadura	Longitud	Base de ruedas	Vía	Máximo peso estructural al despegue (Kg.)	Máximo peso al aterrizaje (Kg.)	Peso en vacío (Kg.)	Peso sin combustible (Kg.)	Número y tipo de motor	Carga de pago	Longitud de pista (m)
	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o)	(p)	(q)
DC-9-32	Douglas	28,4	36,4	16,2	5,0	48.989	44.900	25.789	39.463	2TF	115-127	2.286
DC-9-50	Douglas	28,4	40,2	18,6	5,0	54.432	49.896	28.725	44.453	2TF	130	2.164
DC-8-61	Douglas	45,2	57,1	23,6	6,3	147.420	108.864	68.993	101.606	4TF	196-259	3.353
DC-8-62	Douglas	45,2	47,2	18,5	6,3	158.760	108.864	64.980	88.452	4TF	189	3.505
DC-8-63	Douglas	45,2	57,1	23,6	6,3	161.028	117.029	72.000	104.328	4TF	196-259	3.627
DC-10-10	Douglas	47,3	55,5	22,1	10,7	191.048	164.884	106.443	151.956	3TF	270-345	2.743
DC-10-30	Douglas	49,2	55,3	22,1	10,7	251.748	182.800	118.432	166.925	3TF	270-345	3.353
B-737-200	Boeing	28,3	30,5	11,4	5,2	45.587	44.453	27.197	38.556	2TF	86-125	1.707
B-727-200	Boeing	32,9	46,7	19,3	5,7	76.658	68.040	44.180	62.597	2TF	134-163	2.621
B-720B	Boeing	40,0	41,7	15,4	6,7	106.278	79.380	52.164	70.761	4TF	131-149	1.859
B-707-120B	Boeing	40,0	44,2	15,9	6,7	116.729	86.184	57.834	77.112	4TF	137-174	2.286
B-707-320B	Boeing	43,4	46,6	18,0	6,7	151.321	67.132	67.496	88.452	4TF	141-189	3.505
B-747B	Boeing	59,7	69,8	25,6	11,0	351.540	255.830	165.927	238.594	4TF	362-490	3.353
B-747SP	Boeing	59,7	53,8	20,5	11,0	294.840	204.120	139.890	185.976	4TF	288-364	2.438
L-1011	Lockheed	47,3	53,7	21,3	11,0	193.048	162.388	108.864	147.420	3TF	256-330	2.286
Caravelle-B	Aerospaziale	34,3	33,0	12,5	5,2	56.000	49.501	30.056	39.499	2TF	86-104	2.088
Trident 2E	Hawker Siddeley	29,8	35,0	13,4	5,8	65.092	51.257	33.201	45.360	3TF	82-115	2.286
BAC 111-200	BAC (f)	27,0	28,2	10,1	4,3	35.834	31.298	21.049	29.030	2TF	65-79	2.088
Super VC-10	BAC	42,7	52,3	22,0	6,5	131.956	107.503	66.679	97.524	4TF	100-163	2.499
A-300	Airbus Industrie	44,8	53,6	18,6	9,6	136.937	127.507	84.737	116.498	2TF	225-345	1.981
Concorde	BAC Aerospaziale	25,5	61,6	18,2	7,7	176.450	108.864	79.380	90.720	4T	108-128	3.429
Mercure	Dassault	30,5	44,0	11,9	6,2	52.000	49.000	25.865	44.997	2TF	124-134	1.981
Ilyushin-62	U.S.S.R.	43,2	53,1	24,5	6,8	161.935	105.235	69.400	93.442	4TF	168-186	3.249
Tupolev-154	U.S.S.R.	37,5	47,9	18,9	11,5	90.000	84.000	43.500	63.501	3TF	128-158	2.100

PROCEDECIA: Datos de los constructores.

(a) Solamente aproximado, dependiendo de la configuración de los asientos.

(b) T equivale a turborreactor; TF equivale a turborreactor con soplante.

(c) Número aproximado de pasajeros dependiendo de la configuración de los asientos y de la situación de la cocina de abordaje.

(d) Al nivel del mar, día tipo, sin viento, nivel de pista.

(e) British Aircraft Corporation.

(f) Dimensiones en metros.

CARACTERÍSTICAS DE LAS AERONAVES



1.3 VÍA

INTRODUCCION

La Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI) dependiente de la Organización de Naciones Unidas (ONU) tiene la misión de normar, regular y emitir recomendaciones inherentes al transporte aéreo mundial en la parte civil.

México como Estado signatario del Convenio de Chicago, es responsable del espacio aéreo sobre el territorio nacional, así como aquellas partes sobre alta mar del Océano Pacífico y Golfo de México en donde el Convenio obliga a prestar los servicios a la navegación aérea. Esta responsabilidad dentro del Poder Ejecutivo Federal esta a cargo de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, la cual ha encomendado a SENEAM proporcionar los servicios a la navegación aérea en esta porción del espacio.

TRANSITO AÉREO

Para proporcionar este servicio, se ha dividido imaginariamente el espacio aéreo en cuatro principales áreas y una región de información de vuelo oceánica que son México, Monterrey, Mazatlán, Mérida y área oceánica de Mazatlán. En cada uno de los aeropuertos de las ciudades antes citadas, se ubica un Centro de Control de Área y un centro de información de vuelo en Mérida.

El servicio de control de tránsito aéreo se proporciona desde los Centros de Control mencionados, además de las Torres de Control situadas en cada uno de los aeropuertos de la red. Algunas de ellas están dotadas con equipos monitores de radar para la vigilancia de las aeronaves en las inmediaciones de los aeropuertos y con base en estos datos se controla y se da instrucciones al tránsito que sale y llega a cada uno de los mismos. En los espacios donde no se cuenta con cobertura radar, pero que están bajo la jurisdicción de los centros y torres de control, el desplazamiento de aeronaves se organiza mediante la aplicación de procedimientos para el Vuelo por Instrumentos, que hace posible a las aeronaves operar en ese espacio con la separación reglamentaria una de otra así como del terreno.

Como apoyo a la prestación del control de tránsito aéreo se obtiene información de los sistemas de radar que se encuentran instalados a lo largo de la república mexicana: Los hay de largo alcance (370 Km), para la vigilancia de las aeronaves en ruta y de menor alcance (130km.), para el vuelo en las áreas terminales o de aproximación e inmediaciones de los aeropuertos.

La comunicación entre pilotos y controladores se efectúa mediante un sistema que permite el flujo de información en forma eficiente e instantánea y forma un circuito entre las aeronaves, la torre de control, el centro de control que esta suministrando el servicio y los centros adyacentes, mediante una



coordinación precisa que asegura realizar las operaciones aeronáuticas eficazmente.

Se suministra a todas las aeronaves que operan a ó arriba de 20,000 pies de altitud, así como a las que operan con sujeción de un plan de vuelo IFR (operaciones aéreas sujetas a las reglas de vuelo por instrumentos) dentro de espacios aéreos designados como controlados por debajo de 20,000 pies y a todas las que operan en los aeródromos atendidos por SENEAM.

Su función primordial radica en garantizar la seguridad, orden y fluidez al tránsito aéreo. Para lograr la eficiencia y eficacia requerida en tan importante actividad, éste se organiza en:

- Servicio de Control de Aeródromo
- Servicio de Control de Aproximación
- Servicio de Control de Área.

Servicio de Control de Aeródromo

El servicio de Control de Aeródromo se proporciona por las torres de control a todas las aeronaves que se encuentran volando en las inmediaciones de un aeropuerto y a las que circulan en el área de maniobras (pistas y calles de rodaje) del mismo.

Todas las aeronaves que salen, llegan y/o circulan en pistas y calles de rodaje de un aeropuerto en donde la torre de control es operada por SENEAM, reciben este servicio a través de frecuencias de radiocomunicación dedicadas.

El espacio aéreo designado para este servicio abarca generalmente 5 millas de radio en promedio con centro en el aeropuerto y dos mil pies en un plano vertical sobre la superficie del terreno.

Para garantizar la seguridad de las operaciones aéreas en los aeropuertos, el controlador mantiene una vigilancia visual constante sobre el movimiento de las aeronaves tanto en tierra como en vuelo y ejerce el control expidiendo oportunamente a los pilotos las autorizaciones, instrucciones e información apropiadas a fin de que las maniobras se realicen de una forma segura.

El controlador aplicará y vigilará que se cumplan las separaciones prescritas para las operaciones de despegue y aterrizaje y establecerá las prioridades correspondientes en el ordenamiento del flujo del tránsito aéreo.



Las torres de control cuentan con el equipo necesario para cumplir con sus funciones. Ahí se encuentran instalados equipos de comunicaciones, meteorológicos, monitores y consolas de control así como grabadoras de voz, contando con el soporte técnico que se requiere.

La torre de control mantiene una estrecha coordinación con otras unidades de control de tránsito aéreo tales como Control de Aproximación, Centros de Control de Área y Oficinas de Despacho en Información de Vuelo.

Servicios de Control de Área

El servicio de control de área es proporcionado por los centros de control a todas las aeronaves con plan de vuelo por instrumentos que se encuentren volando a lo largo de las rutas aéreas (aerovías), designadas como espacio aéreo controlado.

Además se designa como espacio aéreo controlado para el suministro de este servicio, aquel espacio aéreo de forma irregular, desde 20,000 pies, hacia arriba. Cabe mencionar que el espacio aéreo nacional para los efectos de control se divide verticalmente en espacio aéreo superior e inferior. El espacio aéreo inferior esta comprendido entre la superficie de terreno y hasta sin incluir 20,000 pies y el espacio aéreo superior es aquel situado a partir de los 20,000 pies hacia arriba sin un límite superior.

Al conjunto de rutas aéreas se le denomina sistema nacional de aerovías, mismas que conectan a todos los aeropuertos tanto de llegada como de salida. Por otra parte el control de área al tener bajo su responsabilidad espacios aéreos de grandes dimensiones se subdivide en sectores de control, atendidos cada uno por diferentes controladores, distribuyéndose las cargas de trabajo lo más equitativamente posible. Existen 4 Centros de control de área en el país.

Servicio de Control de Aproximación

Este servicio es suministrado por una unidad de control de aproximación o puede estar combinado en una torre de control o un centro de control de área cuando sea conveniente o necesario. En todos los aeropuertos que tienen este servicio, Se establece un espacio aéreo controlado denominado Área de Control Terminal el cual se puede extender hasta 50 millas de radio con centro en el aeropuerto y hasta 20,000 pies de altitud.

Este servicio está dirigido a las aeronaves volando conforme a un plan de vuelo por instrumentos dentro del área de control de terminal que llegan o salen de uno o más aeropuertos dentro de dicha área.

El controlador proporciona este servicio manteniendo al tránsito de llegada en una secuencia de aproximación de tal forma que las aeronaves lleguen a la trayectoria de aterrizaje ordenadamente y separadas. El tránsito de



salida es dirigido hacia las rutas aéreas previstas en el plan de vuelo, manteniéndose la separación entre las salidas y además con respecto a las llegadas. Para obtener separación en vuelo, el controlador espacia a las aeronaves en distancia o tiempo, hasta alcanzar la separación ya sea horizontal, vertical o lateral autorizada.

Según las circunstancias, el controlador escogerá dentro de los métodos de separación, el que considere más conveniente en ese momento. Las unidades de control de aproximación mantienen una estrecha coordinación con las torres de control y los centros de control del área para intercambiar información e instrucciones relativas a la circulación aérea dentro de su espacio jurisdiccional.

NAVEGACION AÉREA

Para hacer posible la navegación dentro del espacio bajo la jurisdicción de México se cuenta con una infraestructura de facilidades en tierra, con las que se establecen rutas aéreas, que facilitan al piloto de una aeronave conducirla de un punto a otro, aún en condiciones meteorológicas desfavorables, de manera segura y precisa. Esta red de rutas llamadas aerovías, permite a los pilotos trasladarse a cualquier aeropuerto del sistema que cuente con este tipo de guías de navegación. El sistema de rutas internacionales, permite la navegación entre cualquier aeropuerto de la República a los aeropuertos en otros países.

Este sistema de navegación está constituido básicamente por radioayudas direccionales que le indican al piloto en todo momento la dirección y distancia a la que se encuentra de dichas radioayudas; distancia medida electrónicamente que se le presenta al piloto, en instrumentos de la cabina, en millas y en fracciones de millas náuticas. Además, se cuenta en los aeropuertos más importantes o que presentan condiciones especiales con sistemas de aterrizaje de precisión. Estas operaciones se efectúan en forma segura aún en condiciones de tiempo adversas.

METEOROLOGIA

Otro servicio de importancia vital lo constituye el de Meteorología Aeronáutica. Por este servicio la empresa de aviación y el piloto reciben información referente al tiempo que hay en las áreas terminales que circundan a los aeropuertos de origen y destino del vuelo así como las condiciones meteorológicas que hay o se prevén a lo largo de toda la aerovía o rutas que se va a recorrer. Con esta información se aprovechan óptimamente las condiciones meteorológicas para seguir la mejor ruta que garantice la seguridad del vuelo o en algunos casos la ruta más corta, para poder conducir con eficiencia el vuelo de la aeronave.



El servicio de meteorología aeronáutica se procesa en cincuenta y seis estaciones de observación que están instaladas a lo largo de la República Mexicana. Allí se realizan observaciones de las condiciones climatológicas que imperan en cada aeropuerto.

La información que se genera en estos lugares se concentra en el Centro de Análisis y Pronósticos Meteorológicos (CAPMA), que opera en el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México. Las estaciones de observación meteorológica elaboran información que es transmitida mediante el Reporte Meteorológico Horario, y que es utilizado por el CAPMA para la elaboración y edición de los Pronósticos Meteorológicos de Área, Ruta y Terminal.

La transmisión de los datos se difunde a través de la Red Fija de Telecomunicaciones Aeronáuticas (AFTN).

Sistema de Procesamiento de Datos e Información Meteorológica

En el proceso de acopio de datos y su procesamiento por medio de computadoras, se utiliza el satélite mexicano "Solidaridad II", además del satélite "GOES". La red AFTN permite recibir y procesar imágenes meteorológicas de alta resolución. Existe una infraestructura formada por una estación receptora de pronósticos de área WAFS, el Banco de Datos Meteorológicos Operacionales y el Sistema de Operación Gráfica, facilitando la elaboración de informes alfanuméricos, gráficos y de pronósticos confiables para ser distribuidos a los usuarios del subsector aéreo en las oficinas de Despacho e Información Aeronáuticas o a través del acceso directo del Banco de Datos Meteorológicos.

Los reportes meteorológicos se elaboran en los aeropuertos de la red y las observaciones de elementos meteorológicos están en constante actualización para ser más confiable y seguro el plan de vuelo de las aeronaves.

En el Centro de Análisis y Pronósticos laboran alrededor de 58 especialistas en las disciplinas de meteorología, geografía, física, sistemas de cómputo y matemáticas aplicadas. El servicio se proporciona las 24 horas de los 365 días del año y se atiende a 56 aeropuertos enlazados en la red.

DESPACHO Y CONTROL DE VUELOS

También existe el Servicio de Despacho y Control de Vuelos consistente en asesorar a las tripulaciones de la aviación en general, para la elaboración de su plan de vuelo con información meteorológica respecto a: vientos superiores, reportes horarios, pronósticos meteorológicos de los aeropuertos de destino y alternos en la ruta que se seguirá, e información de NOTAM (Notice to Airman).



El plan de vuelo es asesorado por el Despachador quién coordina y notifica dicho plan a las dependencias de tránsito aéreo comunicando a la estación de destino la salida de la aeronave o de un aterrizaje a la estación de Origen. Entre otros de los datos que se proporciona a los pilotos son los relativos a las condiciones de ceniza volcánica en el ambiente, avisos de depresión, tormentas o huracanes. En algunos aeropuertos se cuenta con la facilidad para el piloto de notificar su plan de vuelo telefónicamente o por una frecuencia dedicada sin tener la necesidad de realizar este tramite personalmente en las oficinas de despacho las cuales casi siempre están ubicadas en la planta baja de las torres de control.

La evolución natural de los diferentes servicios que se proporcionaban a la aviación civil hacía que el personal de las compañías aéreas como pilotos y personal de operaciones, tuvieran que acudir a varias dependencias de servicios aeronáuticos para recabar su información y elaborar su plan de vuelo.

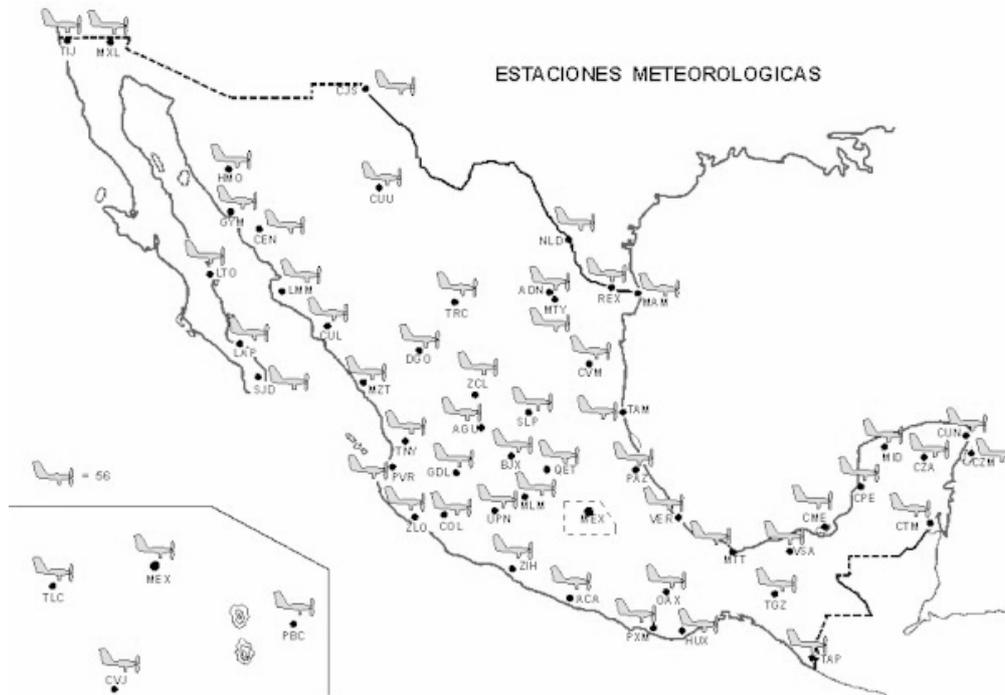
Con el propósito de brindar un mejor servicio y facilitar a los usuarios la obtención de la información y tramites para la elaboración y autorización de su plan de vuelo, se estudió la posibilidad de concentrar en una misma oficina la información relativa a comunicaciones, meteorología, NOTAMs y de información de vuelo, teniendo como resultado que en 1981 se abriera un nuevo servicio conocido como oficina de despacho e información de vuelo.

Se abrieron trece oficinas inicialmente, las cuales para 1985 sumaban veintisiete. Posteriormente se ponen en operación siete oficinas más para tener a la fecha treinta y cuatro oficinas en operación.

Este servicio consiste en asesorar a las tripulaciones de vuelo en la fase previa en la elaboración del plan de vuelo, con información meteorológica apropiada para el vuelo proyectado se coordinan con los servicios de control de tránsito aéreo y con las autoridades aeronáuticas la autorización de los planes de vuelo.

Los servicios que se proporcionan a los usuarios son: reportes meteorológicos, mapas de aerovías, pronósticos y cartas de altura, información de notams de las condiciones de los diferentes aeródromos, instalaciones y servicios, vigilancia del progreso de los vuelos y en casos de emergencia la coordinación con la autoridad aeronáutica para efectos de búsqueda y salvamento.

Estaciones meteorológicas



Clasificación orgánica o por área de responsabilidad



Centros de control de tránsito aéreo





II CLASIFICACIÓN DE LOS AVIONES



2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS AVIONES

AVIACION

En términos generales la aviación se define como la ciencia y práctica del vuelo de las aeronaves más pesadas que el aire, incluyendo aviones, planeadores, helicópteros, ornitópteros, autogiros, aeronaves VTOL (despegue y aterrizaje vertical) y STOL (despegue y aterrizaje corto). Se distinguen de los aparatos más ligeros que el aire, entre los que se incluyen los globos libres (por lo general, esféricos), los cautivos (casi siempre alargados) y los dirigibles.

AVIÓN

Como ya hemos dicho antes un avión es un vehículo más pesado que el aire, por lo general propulsado por medios mecánicos y sustentado por alas fijas como consecuencia de la acción dinámica de la corriente de aire que incide sobre su superficie. Otras aeronaves más pesadas que el aire son: el planeador o velero, provisto también de ala fija y carente de motor; aquellas en las que se sustituyen las alas por un rotor que gira en el eje vertical y el ornitóptero, cuyo empuje y sustentación se consigue mediante alas batientes. Se han desarrollado modelos de juguete que vuelan perfectamente, pero los de mayor tamaño no han tenido éxito.

Los aeroplanos se pueden clasificar en tres tipos según su función y el ámbito de operación: comerciales, incluyendo los de transporte de pasajeros y carga, ya sea en líneas regulares o chárter, militares y aeroplanos de la aviación general, que son los no comprendidos en los otros dos. Las particulares características de cada avión están determinadas por la naturaleza de los servicios a realizar. El aumento de la especialización en su uso ha traído como consecuencia una amplia variación en los requerimientos de diseño.

Los aviones varían de tamaño desde los aviones privados monoplaza de un solo motor a los jumbo enormes capaces de llevar cientos de pasajeros.

La aviación operativa se agrupa en tres categorías:

- **Aviación Comercial.**
- **Aviación Militar I.**
- **Aviación General.**

Aviación Comercial.

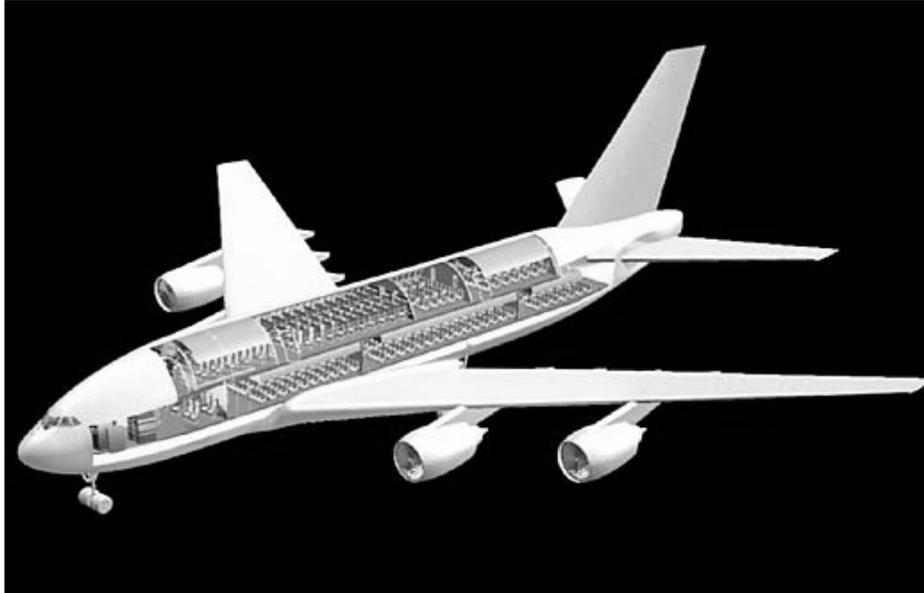
La aviación comercial engloba la operación de líneas aéreas regulares y chárter. Los aviones que sirven a la Aviación Comercial van desde pequeños aviones a otros de gran tamaño para el transporte de pasajeros y carga en general.



Boeing 747: Un avión de pasajeros Boeing 747, rodeado de andamios, está a punto de ser terminado en la fábrica. Estos aviones enormes, propulsados por cuatro motores y capaces de llevar más de 400 pasajeros, tardan en construirse más de un año.

En Europa el avión fue utilizado para transporte de pasajeros en el año 1919, mientras que en Estados Unidos los primeros vuelos de la aviación comercial se dedicaron principalmente al correo. Los vuelos de pasajeros aumentaron en rutas como la de Londres a París, se introdujeron en Estados Unidos a partir de 1927 y crecieron más deprisa gracias a la aparición de aviones seguros y confortables como el Douglas DC-3. Este avión iba propulsado por dos motores de hélice y podía transportar 21 pasajeros a una velocidad de crucero de 300 km/h. Todavía se puede ver volando por los cielos de muchos países. Poco después aparecieron los aviones cuatrimotores, que podían volar aún a mayor velocidad, subir más alto y llegar más lejos. El siguiente paso se dio en 1950, con el Vickers Viscount británico, primer avión impulsado por hélice movida por turbina de gas.

Los aviones para cubrir un servicio se eligen en función de dos factores: el volumen de tráfico y la distancia entre los aeropuertos a los que sirve. La distancia entre aeropuertos se conoce como recorrido y hay un elevado número de aviones que pueden operar entre 400 y 11.000 kilómetros.



Airbus A380: El Airbus A380, que cuando esté construido será el avión más grande del mundo, transportará entre 555 y 656 personas en dos cubiertas de pasajeros.



Cabina de pasajeros del Boeing 777: El Boeing 777 es un reactor de fuselaje ancho: la cabina principal de pasajeros está dividida en tres grupos de asientos por dos pasillos. El 777 tiene cabida para unos 315 pasajeros, pero la capacidad total depende del número de asientos destinados a cada clase: primera, preferente y turista.

Los reactores comerciales de pasajeros se usaron al principio para recorridos de larga distancia. El avión británico De Havilland Comet inició su servicio en 1952, y el Boeing 707 en 1958. También a finales de la década de 1950 apareció el Douglas DC-8 y los Convair 880 y 990. Estos aviones desarrollaban una velocidad de crucero aproximada de 900 km/h y transportaban más de 100 pasajeros.



DC-10: El DC-10 es un avión de tres motores que empezó a transportar pasajeros en 1971. Aunque está diseñado para vuelos más cortos que los aviones más potentes de cuatro motores, el DC-10 puede llevar más de 300 pasajeros.

El Caravelle francés, el De Havilland Trident inglés y el Boeing 727 estadounidense, todos ellos más pequeños y diseñados con los motores en la cola, se construyeron para cubrir líneas de medio recorrido, entre 800 y 2.400 kilómetros. A mediados de la década de 1960 aparecieron birreactores aún más pequeños para operar en trayectos de corto recorrido, como el Boeing 737, el DC-9, el Fokker F-28 y el BAC-111.



Avión comercial DC-3: El DC-3 de Douglas Aircraft Company empezó a operar con pasajeros en 1936. Mostraba importantes mejoras tecnológicas frente a aviones anteriores, y muy pronto se convirtió en el avión de pasajeros más popular del mundo.

El Boeing 747 entró en servicio en el año 1970 y fue el primer avión comercial de fuselaje ancho. Sirve en trayectos de media y larga distancia y alta densidad. Utiliza motores turbofán y vuela en crucero a unos 900 km/h. Normalmente transporta 400 pasajeros, llegando hasta 500 en algunas versiones. El Douglas DC-10 y el Lockheed 1011 Tristar son también grandes aviones con capacidades próximas a los 300 pasajeros. Ambos van empujados por tres motores montados en la cola. Se diseñaron para cubrir trayectos como el de Chicago-Los Ángeles y otros de recorrido similar. El primer DC-10 voló en 1971 y el L-1011 en 1972. Mientras, en Europa, el primer avión birreactor de fuselaje ancho, Airbus A300, realizaba su primer vuelo en el mismo año.



Reactor Jumbo 747: Este Boeing 747, conocido como Jumbo, transporta mercancías. El 747, el primero de los reactores comerciales de fuselaje ancho, hizo su vuelo inaugural en 1970. Cuatro motores a reacción impulsan el avión, que alcanza velocidades de crucero de 885 Km./h.



Airbus 310: El Airbus A310, que Airbus Industries empezó a comercializar en 1978, lo utilizan ahora compañías aéreas de todo el mundo. Es un aparato de medio o largo alcance proyectado para recorrer distancias mayores con menos pasajeros que el anterior, A300, del que se diferencia por el diseño de las alas y la cabina y por el aumento de potencia, capacidad y autonomía.

El avión supersónico comercial, o SST, constituye la cima en el desarrollo de la tecnología aeronáutica y permite cruzar el Atlántico norte y regresar de nuevo en menos tiempo de lo que un reactor subsónico tarda en hacer uno de los trayectos. El supersónico soviético TU-144, que fue el primero en entrar en servicio en 1975, realizaba vuelos regulares de carga en la URSS. En 1962 los gobiernos del Reino Unido y Francia firmaron un acuerdo para desarrollar y construir el proyecto del avión supersónico Concorde. El primer vuelo de prueba se hizo en 1971 y el certificado de aeronavegabilidad se firmó en 1975. El primer vuelo comercial del avión francés fue de París a Río de Janeiro, con escala en Dakar, y del inglés, de Londres a Bahrein.



Avión supersónico TU-144: El avión soviético TU-144 fue el primer avión supersónico comercial en entrar en servicio, en 1975.

En sus inicios, el proyecto SST fue criticado por ser antieconómico y muy ruidoso. A pesar de las objeciones, el servicio a Estados Unidos comenzó el 24 de mayo de 1976, con vuelos simultáneos de Londres y París al aeropuerto internacional Dulles, cerca de la ciudad de Washington, y a Nueva York (22 de noviembre de 1977). Excepto en los países de la antigua URSS, los vuelos SST deben realizarse a velocidades subsónicas cuando pasan por zonas habitadas.

Las pérdidas de explotación del Concorde superaron los 500 millones de libras y dejó de fabricarse en 1979. Los aviones franceses han extendido sus servicios de París a Caracas (Venezuela) y a Dakar (Senegal). A pesar del fracaso comercial del Concorde, los fabricantes y operadores están interesados en una posible segunda generación de aviones supersónicos. Entretanto hay una enorme competencia entre los fabricantes de aviones reactores subsónicos avanzados como los Boeing 757, 767 y 777 y los Airbus A320, A330 y A340. El A320 ha sido el primer avión comercial en usar el sistema de control completamente automático fly-by-wire. El avión cuatrimotor de largo recorrido

A340 es el competidor del Boeing 747, mientras el bimotor de fuselaje ancho A330 y el Boeing 777 concurren en el mercado de alta densidad y medio recorrido, donde ya competían el Boeing 767 y el Airbus A300/310. En diciembre de 2000 se produjo el lanzamiento comercial del Airbus A380, que en un futuro próximo será el avión más grande del mundo.



Avión supersónico Concorde: El Concorde, inconfundible con su delantera puntiaguda, volaba a más del doble de la velocidad del sonido. Este avión con alas en forma de delta lo desarrollaron Gran Bretaña y Francia y empezó a transportar pasajeros en 1976. Su estreno fue controvertido. Se temía, sin razón, que al volar a tanta altitud el avión perturbaría la capa de ozono. Sus ondas de choque eran muy ruidosas, y sólo se le permitía volar a velocidades supersónicas sobre el océano y zonas poco pobladas. En octubre de 2003 realizó su último vuelo.

Los aviones de carga han conocido una expansión sin precedentes desde la II Guerra Mundial. Los primeros aeroplanos de carga fueron los Canadair CL-44 y el Armstrong-Whitworth Argosy, a los que siguieron versiones de los grandes aviones de pasajeros modificados para carga, que son los usados actualmente.

Aviación Militar.

La aviación militar incluye todos los vuelos realizados por las fuerzas aéreas: estratégicos, tácticos y logísticos.



Bombardeo B-1 B: La Fuerza Aérea de Estados Unidos firmó un contrato con Rockwell International para construir el B-1 en 1970 como bombardero estratégico tripulado. El presidente Jimmy Carter paralizó el proyecto en 1977, pero el presidente Ronald Reagan recuperó el avión con el nombre de B-1B en 1981. El B-1B tiene un ala abatible que le permite volar tanto a velocidades subsónicas como supersónicas.



Caza F-15 Eagle: Los aviones militares de caza, por lo común más pequeños y más rápidos que las aeronaves civiles de transporte, participan en combates durante las guerras y en operaciones científicas y de rescate en tiempos de paz. El 31 de marzo de 1993, el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas autorizó a los aviones de la Organización el Tratado del Atlántico Norte (OTAN) a patrullar los cielos durante el conflicto en Bosnia-Herzegovina. El caza F-15 Eagle, de la corporación McDonnell-Douglas, cumple esta misión.

Los aeroplanos militares se pueden dividir en cuatro categorías: combate, carga, enseñanza y observación. En la categoría de combate se incluyen los aviones de caza y los bombarderos, tanto para operaciones en tierra como en mar. Hay numerosos tipos de cada uno de estos modelos. Los cazas se usan a menudo para ataques a baja cota o para interceptaciones aéreas, siendo los más representativos de los que se usan en Europa el McDonnell Douglas F-4 Phantom, el General Dynamics F-16 y el Dassault Mirage, aunque existe un proyecto que los sustituirá por el Eurofighter. El Tornado, de geometría variable, combina las funciones de defensa aérea de largo alcance, ataque y reconocimiento, sustituyendo al antiguo BAC/Dassault Jaguar. El Harrier es un avión con capacidad de despegue y aterrizaje vertical y se usa como apoyo táctico a las operaciones en tierra y como interceptador en la lucha aeronaval. Es un avión subsónico, pero su diseño está preparado para desarrollar un modelo supersónico. Otros aviones comparables usados por Estados Unidos son el McDonnell Douglas F-15 Eagle, los cazas aeronavales Grumman F-14 y McDonnell Douglas F-18, y el caza Lockheed F-117, equipado con un sistema electrónico tan sofisticado que le hace prácticamente indetectable por radar. El B-52 Stratofortress, avión subsónico desarrollado en la década de los cincuenta, y el B-1B son los principales bombarderos de largo alcance utilizados por Estados Unidos, mientras el Fairchild A-10 Thunderbolt se usa específicamente para el ataque a los carros blindados.



F-3 Tornado: Los aviones de combate, como este F-3 Tornado de la Royal Air Force, se construyen potenciando al máximo la velocidad, la resistencia y la maniobrabilidad. Diseñado y construido por un consorcio europeo, tiene un ala abatible, que aquí se muestra en su posición de alta velocidad, plegada hacia atrás. Hay versiones distintas del avión para misiones de interceptación, ataque y reconocimiento.



Mirage IV: El Mirage IV es un avión de combate de ala delta construido por la empresa francesa Dassault-Aviation.

El más utilizado de los aviones militares de transporte es el cuatrimotor Lockheed C-130 Hércules, y el más grande el C-5A de la misma casa constructora, que puede llevar 120 toneladas de carga. Los aviones militares de enseñanza y entrenamiento más famosos han sido el Texan T-6, de hélice, para enseñanza básica, y el reactor T-33, para enseñanza avanzada. Ambos están fuera de servicio, pero han formado miles de pilotos en gran parte de los países occidentales. Un modelo muy especial de avión militar es el Boeing E3 AWACS, que gracias a sus complejos sistemas de detección se ha convertido en un eficaz observatorio aéreo para controlar todo tipo de movimientos y actividades en tierra. Se le distingue con facilidad por la enorme antena en forma de seta que lleva sobre el fuselaje.



Caza F-14: El F-14 Tomcat de ala abatible es el caza de primera línea de la Marina de Estados Unidos. Es parecido al F-15 Eagle de la Fuerza Aérea de Estados Unidos, pero está diseñado para aterrizar en portaaviones. Su velocidad máxima es de Mach 2,34, más de 2.400 km/h y su radio de combate de 1.600 kilómetros.



Blue Angels: Equipos militares de exhibición como los Blue Angels de la Marina de Estados Unidos realizan acrobacias sorprendentes. Se necesita gran precisión y concentración para pilotar los reactores a tanta velocidad. Sólo lo intentan pilotos muy entrenados. Aquí los Blue Angels vuelan en formación cerrada de a cuatro.

Aviación General.

La aviación general comprende todas las otras formas de vuelo: deportivo, privado, publicitario, ejecutivo, de enseñanza y de fumigación. Los aviones que sirven a la Aviación General son de pequeño tamaño y su función en el transporte es similar a la de un automóvil particular.



Hidroavión: Unos flotadores permiten a este hidroavión posarse en el lago Abitibi en Ontario (Canadá). Los hidroaviones tienen muchos usos, pero son muy útiles para los pilotos rurales, que muchas veces tienen que aterrizar en lugares de difícil acceso.

Los aviones usados para recreo privado, negocios, usos agrícolas, vuelos de instrucción civil y otros servicios especiales se pueden englobar en el término de aviación general. Hay una enorme variedad de aeroplanos en esta categoría, desde los pequeños ultraligeros de un solo asiento, los de enseñanza con dos, o los más grandes con cuatro, todos con un solo motor de pistón, hasta los más complejos bimotores a reacción, capaces de realizar vuelos transatlánticos a la misma velocidad y altura que los grandes aviones comerciales.



Ultraligero: Un ultraligero vuela en una demostración aérea en Israel. De uso recreativo, los ultraligeros tienen un motor pequeño y un asiento, llevan menos de 20 litros de combustible, y pesan sobre los 115 kilogramos.

Uno de los campos con más aplicación de la aviación general es la agricultura, donde se utilizan aviones para fumigar o para distribuir fertilizantes y semillas. También se usa para la inspección aérea de oleoductos y tendidos eléctricos, fotografía aérea, cartografía, patrullas forestales y control de la fauna salvaje.



Avionetas de fumigación: Las avionetas de fumigación sueltan su carga sobre un campo de lechugas en Arizona (EEUU). Estos aviones ligeros y ágiles permiten a los pilotos maniobrar a pocos metros de altura sobre los campos. Aunque esta técnica permite proteger grandes cosechas en poco tiempo, gran parte del pesticida se pierde en el viento.

Otros modelos de aviones más pesados que el aire son los VTOL y STOL. La aeronave VTOL (del inglés vertical takeoff and landing, 'despegue y aterrizaje verticales') es un avión cuyas características de vuelo son semejantes a las de los demás aviones; adicionalmente tienen la capacidad de despegar y aterrizar en vertical. Hay varias maneras de conseguir el despegue vertical desde tierra; la mayor parte de los diseños utilizan motores reactores giratorios que al comienzo del despegue se colocan en posición vertical, y después, poco a poco, van rotando hasta situarse horizontalmente al adquirir la velocidad necesaria para volar; este sistema requiere mucha potencia de empuje en los motores. Las alas variables y los ventiladores móviles se usan también en este tipo de despegues, pero originan resistencias aerodinámicas muy altas para el vuelo horizontal. Los aviones convertibles combinan los rotores de los helicópteros con las alas fijas de los aviones, y resultan apropiados para vuelos comerciales cortos de despegue vertical. Compiten con los helicópteros, pero vuelan a velocidades mayores.



Convertiplano: Es un avión que va equipado con planos sustentadores móviles (orientables), haciendo girar a su vez los motores que en ellos se encuentran, y produciendo empuje vertical u horizontal a conveniencia del piloto.

La aeronave STOL (del inglés short takeoff and landing, 'despegue y aterrizaje cortos') es un avión que despegue y aterriza en tan poca distancia que sólo requiere pistas muy cortas. Es más eficiente, en términos de consumo de combustible y potencia de los motores, que la aeronave VTOL, y además es capaz de volar también a mayores velocidades y con más alcance que los helicópteros. Para aeronaves más ligeras que el aire, véase Dirigible; Globo



Avión STOL: Un avión de aterrizaje y despegue cortos despegar del aeropuerto de una ciudad. Estos aviones necesitan menos de 150 metros para aterrizar o despegar. Son útiles para aterrizar en pistas cortas. Otra aeronave especial, el avión VTOL, despegar y aterriza verticalmente, y se usa para aterrizar en pequeños barcos militares.

Para planificar las instalaciones y los servicios de un aeropuerto resulta esencial conocer las características generales de los aviones a los que va a servir. Los aparatos que se utilizan en las líneas aéreas tienen una capacidad que oscila entre los 120 y casi 500 pasajeros. Excepto el nuevo aerobús.

La clasificación de los aviones es la siguiente:

- ❖ **TIPO A.-** Aviones Birreactores de 20 a 30 pasajeros de Corto Alcance.
- ❖ **TIPO B.-** Aviones Biturborreactores de 80 a 100 pasajeros Corto Alcance.
- ❖ **TIPO C.-** Aviones Biturbo de 125 a 250 pasajeros Mediano y Largo Alcance.
- ❖ **TIPO D.-** Aviones Biturbo. Trafico Largo Alcance.
- ❖ **TIPO E.-** Aviones Supersónicos Vuelos Internacionales



Los tipos de aviones que figuran en las tablas están clasificados según el tipo de propulsión y su sistema motriz generador.

Avión	Envergadura (m)	Longitud del fuselaje (m)	Vía (m)	Peso máximo de despegue (Kg.)	Numero máximo de asientos (l)	Numero y tipo de motor (2)	Longitud de pista (3) (m)
Beech Musketeer(s)..... 23-	10.0	7.6	3.6	1.000	4	1P	421
Beech Bonanza..... V35-	10.2	8.0	2.9	1.542	6	1P	402
Beech Barón..... 58-	11.5	9.1	3.3	3.073	6	2P	725 (*)
Beech Air..... B80-Queen	15.3	10.8	3.9	3.992	11	2P	549
Bellanca 260C.....	10.4	6.9	2.7	1.361	4	1P	305
Cessna 150.....	9.9	7.0	2.0	0.726	2	1P	422
Cessna Skyhawk..... 172	10.9	8.2	2.2	1.043	4	1P	465
Cessna Skylane..... 182	10.9	8.5	2.4	1.338	4	1P	411
Cessna T310.....	11.2	8.9	3.6	2.495	6	2P	546
Piper Aztec..... PA-23-250	11.3	9.2	3.4	2.359	6	2P	381
Piper Cherckee PA-288-180E	9.1	7.2	3.0	1.089	4	1P	
Piper Arrow..... PA-28-200R	9.1	7.4	3.2	1.179	4	1P	
Pipe Twin Comanche C.....	10.9	7.7	3.0	1.633	6	2P	570 (*)
Gulfstream II.....	21.0	24.3	4.2	26.082	22	2TF	1240
Lear Jet 25.....	10.8	14.5	2.5	6.804	8	2T	1581
Lockheed Star..... Jet	16.6	18.4	3.7	19.051	12	4T	1487
North American Sabreliner-60	13.5	14.7	2.2	9.072	12	2T	1486
Dassault-Jet Falcón 20T.....	16.5	18.3	3.7	13.200	28	2TF	1350

El termino “Motor de Embolo” se aplica a todos los aviones de hélice, alimentados con gasolina o motor alternativo.

La mayoría de los pequeños aviones utilizados en la aviación general son de este tipo. El termino “Turbo hélice” se aplica a los aviones de hélice movidos por motores de turbina.

El termino “Turborreactor” hace referencia a aquellos aviones que no dependen de la hélice para su empuje, sino que lo obtienen de un motor de reacción.



Modelo de avión	Clave	Longitud mínima de pista, en m	Envergadura, en metros	Ancho del tren principal, en m	Longitud, en m	Altura de cola, en metros
Beaver DHC 2	1A	381	14.6	3.3	-	-
Turbo Beaver DHC - 2T	1A	427	14.6	3.3	-	-
Beechcraft A24R	1A	603	10	3.9	-	-
Beechcraft A36	1A	670	10.2	2.9	-	-
Beechcraft 76	1A	430	11.6	3.3	-	-
Beechcraft B55	1A	457	11.5	2.9	-	-
Beechcraft B60	1A	793	12.0	3.4	-	-
Beechcraft B100	1A	579	14.0	4.3	-	-
Britten Norman Islander BN2A	1A	353	14.9	4.0	-	-
Cessna 152	1A	408	10.0	-	-	-
Cessna 172	1A	381	10.9	-	-	-
Cessna 180	1A	367	10.9	-	-	-
Cessna 185	1A	416	10.9	-	-	-
Cessna Stationair 6	1A	543	10.9	-	-	-
Cessna Stationair Turbo 6	1A	500	10.9	-	-	-
Cessna Stationair 7	1A	600	10.9	-	-	-
Cessna Stationair Turbo 7	1A	567	10.9	-	-	-
Cessna Skylane	1A	479	10.9	-	-	-
Cessna Turbo Skylane	1A	479	10.9	-	-	-
Cessna 310	1A	518	11.3	-	-	-
Cessna 310 Turbo	1A	507	11.3	-	-	-
Cessna Golden Eagle 421C	1A	708	12.5	-	-	-
Cessna Titan 404	1A	721	14.1	-	-	-
Beechcraft E185	1B	753	15.0	3.9	-	-
Beechcraft B80	1B	427	15.3	4.3	-	-
Beechcraft C90	1B	488	15.3	4.3	-	-
Beechcraft 200	1B	579	16.6	5.6	-	-
De Havilland Twin Otter DHC-3	1B	497	17.7	3.7	-	-
De Havilland Twin Otter Short SC7-3/SC7-3A	1B	616	19.8	4.6	-	-
De Havilland Twin Otter OH-6	1B	695	19.8	4.1	15.0	5.6

CLASIFICACION DE AERONAVES



Modelo de avión	Clave	Longitud mínima de pista, en m	Envergadura, en metros	Ancho del tren principal, en m	Longitud, en m	Altura de cola, en metros
Airbus A310	4D	1845	43.9	10.9	-	-
Airbus A300 B4	4D	2605	44.8	10.9	-	-
Boeing B-707-100	4D	2454	39.9	7.9	44.2	12.6
Boeing B-707 Advanced-100	4D	3206	39.9	7.9	-	-
Boeing B-707-200	4D	2697	39.9	7.9	-	-
Boeing B-707-300	4D	3088	44.4	7.9	46.6	12.7
Boeing B-707-400	4D	3277	44.4	7.9	-	-
Boeing B-720	4D	1981	39.9	7.5	41.5	12.3
Boeing B-757-200 (Preliminary)	4D	2057	38.0	8.7	-	-
Boeing B-767-200 (Preliminary)	4D	1981	47.6	10.8	-	-
Canadair CL-44D-4	4D	2240	43.4	10.5	-	-
Convair 830	4D	2652	36.6	6.6	-	-
Convair 880 M	4D	2316	36.6	6.6	-	-
Convair 990-3 [^] -5	4D	2788	36.6	7.1	-	-
Convair 990-30-6	4D	2956	36.6	7.1	-	-
McDonnell Douglas DC-8-43	4D	2947	43.4	7.5	45.9	12.8
McDonnell Douglas DC-8-55	4D	3048	43.4	7.5	45.9	12.8
McDonnell Douglas DC-8-61	4D	3048	43.4	7.5	45.9	12.8
McDonnell Douglas DC-8-63	4D	3179	45.2	7.6	57.1	12.7
McDonnell Douglas DC-10-10	4D	3200	47.4	12.6	51.9	17.7
McDonnell Douglas DC-10-30	4D	3170	50.4	12.6	51.9	17.7
McDonnell Douglas DC-10-40	4D	3124	50.4	12.6	-	-
Ilyushin IL-18V	4D	1980	37.4	9.9	-	-
Ilyushin IL-62M	4D	3280	43.2	8.0	-	-
Lockheed L-100-20	4D	1829	40.8	4.9	32.3	6.6
Lockheed L-100-30	4D	1829	40.4	4.9	-	-
Lockheed L-188	4D	2066	30.2	10.5	-	-
Lockheed L-1011-1	4D	2426	47.3	12.8	54.4	6.8
Lockheed L-1011-200	4D	2469	47.3	12.8	-	-
Lockheed L-1011-500	4D	2844	47.3	12.8	-	-
Tupolev TU-134A	4D	2400	29.0	10.3	-	-
Tupolev TU-154	4D	2160	37.6	12.4	-	-
Boeing B-747-100	4E	3060	59.6	12.4	70.4	19.5
Boeing B-747-200	4E	3150	59.6	12.4	70.6	18.3
Boeing B-747-SR	4E	1860	59.6	12.4	85.9	24.3
Boeing B-747-SP	4E	2710	59.6	12.4	56.3	20.0

CLASIFICACION DE AERONAVES



III EL MEDIO AÉREO

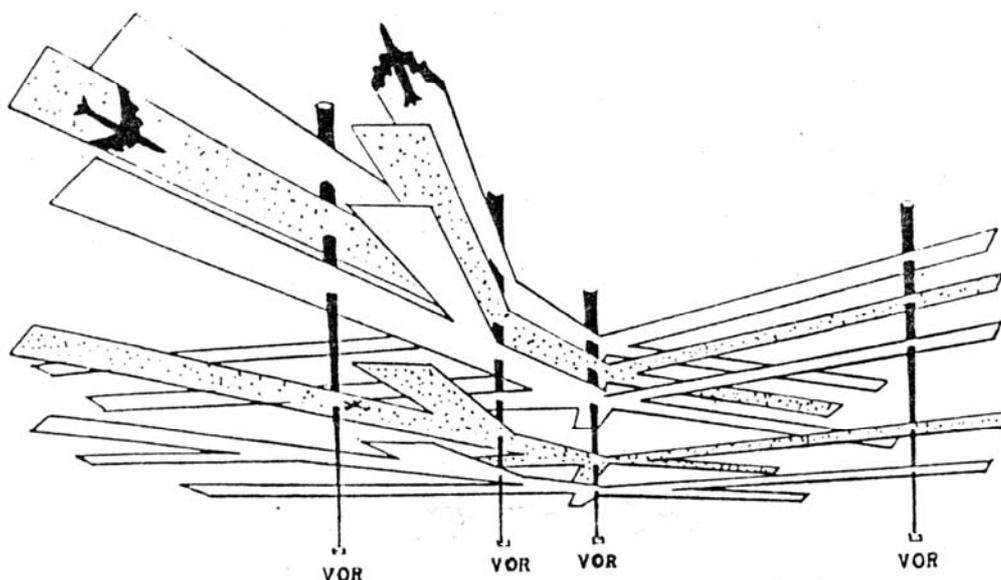
3.1 LA RUTA AÉREA, AEROVÍA.

El incremento del número de operaciones aéreas ha traído como consecuencia la creación de un sistema de apoyo para el control del tráfico aéreo que permite controlar a las aeronaves desde tierra, optimizando de esta manera al uso del espacio aéreo, de aquí la importancia de conocer los equipos y mecanismos de control al proyectar las instalaciones y servicios de un aeropuerto. Los primeros pasos para reglamentar el control del tráfico aéreo fueron en 1922 bajo la dirección de la Sociedad de las Naciones Unidas creándose la Comisión Internacional para la Navegación Aérea (ICAN) y que posteriormente en 1944 pasó a ser la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) que tenía en 194, 147 países miembros, quienes decidieron establecer un conjunto de reglas para el tráfico aéreo.

Para efectos de control, diremos que existen dos tipos fundamentales de vuelo: Vuelo Visual (VFR) y Vuelo Instrumental (IFR).

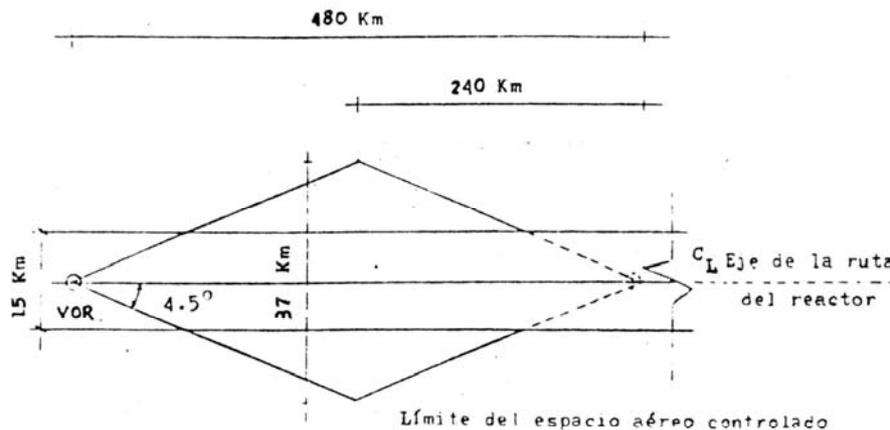
El primer caso consiste en que los vuelos se llevan a cabo únicamente por medios visuales propios del piloto bajo condiciones atmosféricas buenas; en cambio el vuelo instrumental se realiza en situaciones de visibilidad o techo de nubes por debajo de la altura permisible para un vuelo visual.

De esta manera podemos decir que el control de tráfico aéreo propiamente dicho, se ofrece en condiciones de vuelo por instrumentos (IFR) en donde la separación entre aeronaves y su control es responsabilidad del personal de control de tráfico, que son los encargados de trazar y delimitar el sistema de RUTAS AÉREAS Ó AEROVÍAS, los cuales son pasillos imaginarios en el aire, señalados adecuadamente con equipos de radiocomunicación y radar.



RUTAS AEREAS, O AEROVIAS

Actualmente el espacio aéreo, se encuentra dividido en rutas en el aire para reactores comerciales así como el destinado para aeronaves pequeñas de pistones ó de turbina, estas rutas que frecuentemente son utilizadas por las aeronaves son: las aerovías Víctor y las Rutas para Reactores las cuales se encuentran en los manuales de vuelo y tienen su espacio perfectamente delimitado.



RUTA PARA REACTORES

Las aerovías Víctor que comprenden el espacio desde la superficie terrestre hasta los 20 000 pies (6097 m), y la Rutas para Reactores tienen un espacio comprendido a partir de 20 000 pies (6097 m), y por arriba de este restringido únicamente por el alcance de las telecomunicaciones.

Para garantizar la seguridad en el vuelo de las aeronaves, se han establecido normas de separación, las cuales deben respetarse cuando se encuentren en el espacio aéreo y estarán de acuerdo al tipo de avión, su velocidad, el apoyo del radar y el efecto de torbellino que crean las aeronaves a su paso por el aire, estas separaciones son:

SEPARACION VERTICAL ENTRE AERONAVES.

Hasta una altitud de 29 000 pies (8850 m) la separación será de 300 m como mínimo, por encima de esta altitud la separación mínima será de 600 m.

SEPARACION HORIZONTAL.

La separación horizontal esta condicionada a la presencia del radar, del equipo medidor de distancia (DME), a su velocidad y al viento.

Para cobertura de radar y estela turbulenta despreciable, la separación mínima entre dos aviones en la misma dirección y sentido a la misma altitud



será de 9 km y entrando en un rango de cobertura de radar de 74 km de radio ésta distancia se puede reducir a 5.5 km.

Para cobertura de radar con estela turbulenta importante, la separación mínima de un avión ligero que sigue a uno pesado es de 9 km, para este caso, si los dos aviones son pesados la separación mínima será de 7.5 km, y para el caso de que un avión pesado siga a uno ligero la separación mínima será de 5.5 km.

Cuando no de tenga cobertura de radar y el avión no tenga equipo medidor de distancia (DME) las separaciones mínimas se expresan en tiempo y son:

- a) 3 minutos si el avión de adelante lleva una velocidad de 82 km/hr mayor que el le sigue.
- b) 5 minutos si el avión de adelante desarrolla una velocidad de 41 km/hr mayor que el que le sigue.
- c) 10 minutos si los dos aviones desarrollan la misma velocidad.

Cuando no se tenga cobertura de radar pero si tengan equipo medidor de distancia las separaciones mínimas serán:

- a) 9 km si el avión de adelante desarrolla una velocidad de 82 km/hr mayor que el le sigue.
- b) 18 km si el avión de adelante desarrolla una velocidad de 41 km/hr mayor que el le sigue.
- c) 36 km si ambos llevan la misma velocidad

Para el caso de vuelos sobre el mar con cobertura de radar podrá ser de 20 min.

SEPARACIÓN LATERAL

La mínima separación depende de la altura de vuelo.

- a) Por debajo de 5400 m la separación mínima es de 15 km.
- b) Por encima de 5400 m la separación mínima es de 37 km.
- c) En vuelos sobre el mar está varia de 185 a 220 km.

El control de tráfico aéreo se lleva a cabo mediante el Servicio de Control de Aeródromo; el Servicio de Control de Aproximación y los servicios de Control de Área.

3.2 CONTROL DEL TRANSITO AÉREO.

En términos de definición tenemos que el Control aéreo, es la gestión de las aeronaves que circulan por las rutas aéreas civiles, desde el momento del despegue hasta el aterrizaje en el aeropuerto. Se aplican diferentes normas de funcionamiento para los pilotos según vuelen bajo normas de vuelo visual (Visual Flight Rules, VFR) o bajo normas de vuelo con instrumentos de navegación (Instrument Flight Rules, IFR).



Torre de control: Las computadoras y los sistemas de radar y radio permiten a los controladores dirigir el tráfico aéreo desde la torre de control, sobre todo durante los despegues y aterrizajes. En la fotografía, un avión gira próximo a una torre de control en una pista del aeropuerto de la ciudad de México.

Los instrumentos de navegación mínimos requeridos bajo VFR incluyen un indicador de velocidad aerodinámica, un altímetro y un indicador de dirección magnético. Las condiciones mínimas de vuelo en el espacio aéreo controlado por radar en áreas de transición requieren una altura máxima de las nubes de 215 m sobre el nivel del suelo y 1,6 km de visibilidad. Otros requerimientos del VFR en cuanto a visibilidad y distancia de las nubes dependen de la altitud y de si el espacio aéreo está controlado o no. Las áreas de tráfico del aeropuerto abarcan un radio de 8 km y se pueden extender más allá del control de los despegues y aterrizajes en función de los instrumentos de control. Las zonas de control alrededor de los aeropuertos no tienen límite en su espacio aéreo superior. Las comunicaciones por radio con la torre son necesarias durante el aterrizaje y el despegue. El contenido de este artículo tratará principalmente del funcionamiento de la aeronave bajo IFR.



FUNCIONAMIENTO Y EQUIPO

En los principales aeropuertos, el control del tráfico aéreo empieza a partir del controlador de tierra en la torre, que dirige a los aviones de línea desde la rampa de carga, a lo largo de la pista de rodadura, hasta la pista de despegue. El controlador de tierra debe considerar otros aviones y toda una serie de vehículos de servicio, como los de equipajes o los de carga y mantenimiento, necesarios para el funcionamiento del aeropuerto. Se trabaja día y noche, en todo momento, hasta en días de visibilidad reducida que precisan de un radar especial para ayudar al controlador de tierra. Durante el despegue, un controlador situado en la torre da las órdenes, confirma el permiso de vuelo asignado e informa sobre la dirección y velocidad del viento, el estado del tiempo y otros datos necesarios para partir. Otro controlador transmite datos adicionales cuando el avión de línea pasa al Air Route Traffic Control (ARTC: control de tráfico de la ruta aérea), cuyo personal queda en comunicación con el avión de línea desde un centro de ARTC al siguiente, hasta que la torre de control de tráfico aéreo en destino asume el control.

El sistema de ARTC de radar y equipo informatizado representa un gran avance en el control del tráfico aéreo, pues descarga a los controladores de la acumulación e interpretación de grandes cantidades de información rutinaria, lo que les permite más tiempo para valorar los datos relevantes en momentos de decisiones clave. En la sala de control, el controlador lleva unos auriculares y un micrófono para comunicarse por radio con el avión y otros controladores. Los mismos aviones están representados como un bloque de datos en una pantalla de radar frente al controlador. El bloque de datos incluye un símbolo para cada avión, compuesto por un signo de identificación, la velocidad y la altitud de éste. Ciertos equipos de radar pueden mostrar información adicional en relación con un vuelo concreto. Todos los vuelos se mantienen a distintas alturas y a distancias específicas entre sí. Los planes de vuelo se introducen en los equipos informáticos y son actualizados según avanza éste. Los controladores de tráfico aéreo observan estas asignaciones cuidadosamente para evitar las colisiones en el aire. Se están desarrollando sistemas de radar para prevenir colisiones con aviones particulares. Cuando los aviones se aproximan a los aeropuertos y empiezan a descender para el aterrizaje, son posibles las congestiones en el tráfico aéreo. En este caso, las nuevas llegadas son desviadas a un área de seguridad reservada en el aire, a una distancia de unos 50 km o más del aeropuerto. Los aviones en espera de aterrizaje en esta área trazan repetidos círculos en torno a una baliza, manteniendo una distancia vertical de 305 m entre ellos. Cada vez que está disponible una pista de aterrizaje, se asigna al avión situado más próximo a tierra, permitiendo a los otros descender en espiral a la siguiente posición.



AYUDA A LA NAVEGACIÓN

La navegación entre los aeropuertos depende cada vez más de las balizas del terreno y del equipo electrónico e informatizado instalado en el avión. El sistema de tierra más usado es el very high frequency omnidireccional range beacon (VOR: radiofaro omnidireccional de muy alta frecuencia). Las estaciones VOR, que no siempre están localizadas en el aeropuerto, operan en frecuencias por lo general libres de ruido atmosférico y proporcionan una precisión ausente en los equipos anteriores. A bordo del avión, un indicador muestra el curso magnético que el piloto debe seguir en vuelo para aproximarse o alejarse de la estación VOR. La mayoría de las estaciones VOR también tienen Distance Measuring Equipment (DME: equipo que mide la distancia), que proporciona al piloto las distancias hacia y desde las VOR. Estas estaciones VOR/DME ofrecen un servicio excelente para los aviones privados y para las aeronaves de línea regular en todo el mundo.

En las rutas intercontinentales, el sistema electrónico denominado Omega utiliza una red de ocho estaciones de transmisión global que emiten potentes señales de largo alcance. Un ordenador o computadora a bordo del avión recibe las señales, analiza su forma y calcula la posición de cualquier otro aparato. Un método diferente, el Inertial Navigation System (INS: sistema de navegación inercial), no requiere estaciones en tierra ni ondas de radio que podrían sufrir distorsiones o interrupciones. El INS utiliza una plataforma inercial estabilizada giroscópicamente, alineada con el Norte verdadero. Los acelerómetros asociados con el sistema pueden determinar la dirección y la velocidad del avión, mientras un indicador informatizado muestra los datos correspondientes a la velocidad del viento, su dirección y otros datos de interés. Estos sistemas, cuando se combinan con un piloto automático, permiten a los grandes reactores volar por sí mismos por las rutas aéreas. Muchas líneas aéreas también llevan en sus aviones un radar especial para detectar las condiciones de las tormentas en ruta. Los equipos militares usan VOR, Omega u otros sistemas, que incluyen un radar más perfeccionado.

Para los equipos de aterrizaje, los pilotos utilizan un Instrument Landing System (ILS: sistema de aterrizaje instrumental), similar a las señales del VOR. Los instrumentos de cabina indican las desviaciones a cualquier lado del localizador de onda que dirige directamente a la pista, mientras que la información orientada desde la onda de pendiente de planeo indica si el avión está demasiado alto o demasiado bajo en la aproximación, que puede comenzar de unos 13 a 16 km desde el aeropuerto. El sistema ILS, sujeto a las "irregularidades del terreno" y a distorsiones ocasionales, empezó a ser reemplazado por un Microwave Landing System (MLS: sistema de aterrizaje por microondas) a principios de la década de 1980. El equipamiento MLS es más preciso, permite múltiples curvas de aproximaciones (a diferencia de la rigidez de la aproximación lineal del ILS) sobre un área de acceso más amplio para acomodar más aviones, y es más barato. Ciertos sistemas ILS se pueden adaptar totalmente al aterrizaje automático, que permite movimientos con niebla densa. En otros lugares, controladores de tráfico aéreo utilizan los sistemas de radar especial para "dirigir" un aterrizaje por radio con mal tiempo.



Radiofaro Omnidireccional de Muy Alta Frecuencia (VOR)

El equipo VOR es un radiofaro omnidireccional de muy alta frecuencia, cuyo nombre proviene del acrónimo de la expresión en inglés "Very High Frequency Omnidirectional Range".

Este equipo instalado en tierra se utiliza para el señalamiento de las rutas aéreas y apoyo a los procedimientos de salida y llegada de los aeropuertos. Es una estación que transmite al espacio, mediante ondas electromagnéticas, trayectorias radiales de las cuales se utilizan 360, coincidiendo con cada uno de los 360 grados de la rosa náutica. La instalación de los equipos VOR se realiza en los aeropuertos y en sitios altos despejadas y alejadas de zonas pobladas, balizando las aerovías y rutas.

Estos equipos se encuentran duplicados para asegurar la continuidad de la operación. Al fallar el equipo titular conmuta automáticamente al emergente, esta protegido por una caseta metálica y tiene una antena de corta altura que permite radiar la mayor porción de energía.

Cada estación VOR cuenta con una planta generadora de energía eléctrica como fuente de respaldo para mantener el suministro a los transmisores.

Los radiales emitidos por los equipos VOR, son captadas por la aeronave, por medio del equipo Selector de Marcaciones Omnidireccionales conocidos como OBS, que indica al piloto el desplazamiento del avión respecto al radial seleccionado. Por lo general, los equipos VOR se sitúan en los extremos de una la línea recta en tierra. Normalmente se instalan a una distancia promedio de 100 millas náuticas o 185 kilómetros entre uno y otro.

Durante el vuelo entre dos equipos VOR, normalmente a la mitad de la trayectoria (mas o menos 50 millas náuticas o 92.5 Km) el piloto cambia la sintonía de su equipo de a bordo de radionavegación al siguiente VOR. Los equipos VOR trabajan en la banda de muy alta frecuencia (VHF) en la gama de 108 a 112 megahertz para uso terminal en aeropuertos y de 112 a 117.5 megahertz para navegación en ruta.

Cada estación tiene su identificación única en un grupo de tres letras en Código Morse. Esta identificación permite comprobar la radioayuda con el que se esta navegando. El funcionamiento de los equipos VOR es vigilado permanentemente por medio de equipos monitores instalados en las torres de control o en sus propias casetas detectando cualquier anomalía en su operación.

Por sus características técnicas esta radioayuda es la más utilizada al igual que el DME, no obstante su corto alcance esta determinado por el campo visual que le ofrece la muy alta frecuencia (VHF). Actualmente existen 74 estaciones VOR que proporcionan servicio.



Equipo Medidor de Distancia (DME)

Una interrogante de la navegación aérea importante y vital, es la que el piloto se plantea cuando quiere saber a que distancia se encuentra en un momento determinado con respecto a un aeropuerto o radioayuda, para tener esa información se creo el DME, que es una radioayuda que obtiene su nombre de las siglas de la expresión en inglés "Distance Measuring Equipment". Este equipo funciona normalmente asociado al VOR (VOR/DME), para permitirle al piloto conocer la distancia, en millas náuticas, a que se encuentra de la estación sintonizada.

El DME también se asocia con el localizador del Sistema de Aterrizaje por Instrumentos (ILS), y señala el punto donde se encuentra el marcador exterior. Cuando el avión se encuentra en ruta sirve también para indicar procedimientos de espera basados en DME.

Es una radioayuda que consta de dos estaciones, un equipo a bordo de la aeronave llamado interrogador y otro equipo en tierra denominado respondedor. El interrogador, envía señales a determinados intervalos que son recibidos por la estación de tierra o sea el respondedor, el cual contesta transmitiendo a la aeronave una señal en otra frecuencia, que es captada por un equipo automático que mide el tiempo de ida y regreso de ambas señales, permitiendo que el piloto pueda conocer en cualquier momento, la distancia entre la aeronave y la radioayuda instalada en el aeropuerto o algún otro punto. Es importante mencionar que la distancia medida es en línea recta desde la estación a la aeronave y no la distancia "horizontal" sobre la superficie terrestre.

El DME, es un sistema que trabaja en Ultra Alta Frecuencia (UHF), en la banda de 960 a 1,215 Megahertz (MHZ). Tiene un alcance aproximado de 200 millas náuticas y de 75, 000 pies de altura, y tiene capacidad para atender hasta 100 aeronaves simultáneamente y que dependiendo del equipo con el que este asociado (VOR , NDB o ILS), es la ubicación de este.

Sistema de Aterrizaje por Instrumentos

Este sistema toma su nombre de las iniciales de la expresión "Instrument Landing System", se diseño para proveer al piloto con una señal electromagnética precisa de la trayectoria de planeo y el alineamiento al eje central de la pista en la trayectoria de aproximación final para aterrizar; proporciona una guía del rumbo con respecto al eje longitudinal de la pista y la pendiente óptima de descenso relacionada con el umbral de la misma, siendo particularmente útil al piloto en condiciones de visibilidad reducida.

Actualmente hay 16 sistemas ILS instalados en diferentes aeropuertos de la República, especialmente en los que presentan condiciones meteorológicas adversas durante un tiempo considerable del año.



Este sistema esta constituido por dos elementos básicos:

EL LOCALIZADOR (LOC), que proporciona al piloto información constante desde 20 millas antes del aeropuerto para su correcta alineación con la pista en el aterrizaje. Emite señales electromagnéticas de muy alta frecuencia (VHF), en la dirección de la trayectoria de aproximación final y alineada con el eje longitudinal de la pista. Este localizador se encuentra colocado en el final de la pista que se utilice.

TRAYECTORIA DE PLANEEO (TP), radia señales electromagnéticas en Ultra Alta Frecuencia (UHF), en la dirección de la trayectoria de aproximación final, formando un ángulo con la horizontal, que provee el libramiento de obstáculos requerido, de tal manera que el piloto guiándose por las señales de su equipo receptor abordado, puede aún en condiciones desfavorables de tiempo, volar con toda seguridad sobre los obstáculos que pudieran existir durante la fase final del vuelo, manteniendo las distancias reglamentarias sobre el terreno. La TP se encuentra situada a un lado de la pista.

Sistema Radar

La palabra Radar proviene del acrónimo de las palabras inglesas "Radio Detection and Ranging", es un sistema que permite la detección de las aeronaves y su ubicación ya sea en cuanto distancia, azimut y dirección o altura, mediante la propiedad de reflejo de las ondas de radio.

El principio del funcionamiento del radar, consiste en una antena giratoria que recibe las ondas electromagnéticas de Ultra Alta Frecuencia (UHF) que ella misma emite. Cuando estas ondas chocan contra algún objeto, éstas son reflejadas y al captarlas el sistema son procesadas para aparecer en forma de impulsos luminosos en una pantalla señalando la posición del objeto con respecto a la antena.

El sistema radar puede ser PRIMARIO (PSR), cuando la detección del objeto se efectúa a través de las ondas electromagnéticas y está destinado al reconocimiento de aeronaves volando en las proximidades de los aeropuertos y a lo largo de las rutas aéreas, la información que proporciona este equipo al personal de control de tránsito aéreo, es de azimut, rumbo y distancia. Su área de búsqueda, también llamada barrido de la antena abarca los 360 grados de azimut y su antena, montada sobre una base rotatoria, gira a una velocidad aproximada entre 6 y 15 RPM.

Estos sistemas son capaces de detectar 6 niveles de intensidad de lluvia, que van desde sus formaciones iniciales hasta las precipitaciones más intensas, proporcionándole al controlador de tránsito aéreo información en dos niveles: de previsión y de alarma en un radio de 80 millas náuticas de la antena.

El sistema radar secundario (SSR) trabaja en base a interrogaciones, esto es que la información se obtiene mediante retransmisiones automáticas de señales de radio, para ello es necesario además del equipo en tierra, un equipo



a bordo del avión que se denomina Transponedor, el cual capta la señal emitida desde tierra y mediante un código envía una respuesta que es recibida y procesada por el equipo radar que la hace aparecer en la pantalla, en forma de letras y números que identifican a la aeronave. El radar secundario proporciona información de una manera nítida que permite identificar más fácil y continuamente a las aeronaves. A través de este sistema el personal de Control de Tránsito Aéreo, obtiene información relativa a la altitud, distancia, velocidad e identificación de las aeronaves.

Telecomunicaciones

El servicio de Telecomunicaciones Aeronáuticas aire/tierra es un apoyo fundamental para el tránsito aéreo. Está basado en equipos transmisores y receptores, instalados estratégicamente en estaciones terrestres locales y remotas que enlazan a los centros de control y las torres de control a través de canales de la Red Nacional de Microondas y estaciones terrenas satelitales, estableciendo la comunicación entre el piloto y controlador.

El piloto informa su posición, solicitando instrucciones al controlador responsable de aplicar la separación entre aeronaves dentro del espacio bajo su control, El controlador da instrucciones y mantiene el tránsito fluido, seguro y ordenado. También las señales de radar son enviadas mediante canales de microondas y estaciones terrenas a los centros y torres de control.

Las telecomunicaciones aeronáuticas cuentan con dos grandes sistemas: El Servicio Fijo Aeronáutico (AFTN) y el Servicio Móvil Aeronáutico. La AFTN es una red mundial de telecomunicaciones fijas aeronáuticas dedicada al intercambio de mensaje operacionales de los servicios de tránsito aéreo, entre las líneas aéreas, y las estaciones nacionales e internacionales del medio aeronáutico. Los mensajes que maneja son los relacionados con la seguridad y regularidad aeronáutica, de control de tránsito aéreo, información meteorológica y Notams.

La AFTN a nivel nacional esta integrada por una red de 58 estaciones, las cuales son enlazadas por un Centro de Comunicaciones Aeronáuticas que se encuentra en la Ciudad de México y cuya operación de los circuitos AFTN esta controlada por un equipo de conmutación automático principal denominado "Sistema SS-2000" y una Unidad Secundaria ubicada en el Centro de Análisis y Pronósticos Meteorológicos Aeronáuticos (CAPMA) conocida como "Sistema SC-2000".

Hay también cuatro Subcentros de Comunicaciones en Mazatlán, Monterrey, Mérida y Guadalajara, que están totalmente automatizados con equipo de alta tecnología y compatible a cualquier velocidad. Se cuenta así mismo con seis Subcentros de baja capacidad en Can Cun, Puerto Vallarta, Acapulco, Toluca, San José del Cabo y La Paz.

Del total de los circuitos del sistema "SS-2000", seis están destinados para el encaminamiento de mensajes al extranjero; dos para enlazar a México a la Red



Mundial AFTN, para asegurar el intercambio de información con cualquier aeropuerto enlazado a esta red en todos los países.

Este sistema de comunicaciones por conmutación automatizada sitúa el servicio a la altura y nivel de otros centros de comunicaciones aeronáuticas extranjeros. Tanto en el servicio nacional como a nivel internacional, la interconexión entre todos y cada uno de las estaciones y centros, se ajusta a la normatividad de la OACI.

El servicio de la red AFTN esta comunicado principalmente a través del sistema nacional de microondas, integrado por la red de teléfonos de México, así como radioenlaces multicanales, instalados por SENEAM y estaciones terrenas del sistema de Satélites Solidaridad.

El Servicio Móvil Aeronáutico, está integrado por una red de 44 estaciones repetidoras remotas, distribuidas en todo el territorio nacional, que proporciona el servicio desde y a los centros de control de tránsito aéreo para las comunicaciones aire/terresta entre los centros y torres de control.

PROBLEMAS DEL CONTROL DE TRÁFICO AÉREO

A pesar del impresionante perfeccionamiento electrónico e informático, el tráfico aéreo continúa bajo el control de las personas, tanto si los aviones están en tierra como en las aproximaciones, las salidas del aeropuerto o durante la ruta. La responsabilidad directa de la vida del pasaje y tripulación depende de quienes controlan el tráfico aéreo. El estrés laboral de estos profesionales es considerable. Los controladores también ocupan una creciente posición de fuerza cuando convocan huelgas o ralentizan el trabajo mientras negocian sus condiciones laborales, sus salarios u otros aspectos de sus contratos. A finales de la década de 1970, este tipo de acciones creó numerosos problemas tanto a los pasajeros como a los gestores de líneas aéreas.

El número creciente de aviones privados que utilizan las infraestructuras de los grandes aeropuertos crea problemas adicionales en la planificación del control del tráfico aéreo. Incluso sin la presencia del avión privado, el incremento en el tráfico aéreo ha intensificado las medidas de seguridad del pasajero. Por esta razón, durante la década de 1980 se desarrollaron los sistemas de radar anticolidión.



IV

PLANEACIÓN DE AEROPUERTOS



4.1 MÉTODOS DE PLANIFICACIÓN.

Para efectuar la planificación de un aeropuerto es indispensable tener en cuenta dos factores importantes que se encuentran relacionados entre sí, el primero es que el emplazamiento debe de contar con instalaciones apropiadas para la atención de la demanda del tráfico aéreo, debiéndose tener buenas comunicaciones por tierra, sistemas internos eficientes para la atención de los usuarios, su equipaje y transportación, disponer de zonas de mantenimiento, edificaciones para el control aéreo, cuerpo de rescate y extinción de incendios, sus administración, y la de las compañías aéreas concesionarias. La otra parte es que el servicio aéreo presenta grandes repercusiones directas en los alrededores del aeropuerto, siendo de gran importancia el efecto en la población a través del impacto ambiental generado por el ruido de los aviones, y la modificación del uso del suelo al ubicarse industrias alrededor del aeropuerto.

PLANIFICACION GENERAL DEL DESARROLLO DEL AEROPUERTO

Para evitar que el crecimiento del aeropuerto se de en forma anárquica y la infraestructura aeroportuaria se desarrolle con deficiencias e interferencias que ocasionan gastos innecesarios, se elabora el Plan Maestro, cuyos objetivos son:

1. Planificar oportuna y cuidadosamente las ampliaciones de las instalaciones.
2. Garantizar mejores y adecuados servicios que permitan satisfacer la demanda de los usuarios.
3. Restringir el crecimiento urbano cuidando las áreas de aproximaciones y despegues con el fin de tener un espacio aéreo libre de obstáculos.
4. Prever reservas de terrenos para futuras ampliaciones.

En la planificación de un aeropuerto se deben considerar dos factores igualmente importantes y estrechamente unidos entre sí: por una parte, el aeropuerto debe contar con instalaciones que atiendan en forma segura y eficiente la demanda de tráfico aéreo, necesita buenas comunicaciones por tierra y estar dotado de un sistema interno para la atención de los pasajeros, equipaje y transportes, contar con zonas de mantenimiento, control de tráfico aéreo y protección contra incendios, así como su propia administración y la de las líneas aéreas y concesionarios.

La planificación de un aeropuerto se logra a través de un equipo profesional interdisciplinario que abarca entre otros, arquitectos, ingenieros, economistas, sociólogos, urbanistas y ecólogos, los que en base a la demanda de actividad aérea definen el futuro desarrollo del aeropuerto y su entorno.

Los aeropuertos han ido evolucionando a grandes pasos, tan rápido como la tecnología aeronáutica y se podrá decir que han sido paralelos, y una consecuencia del otro.

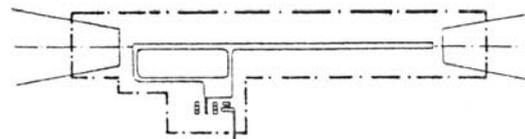
Haciendo memoria, en los inicios de la aviación existían aviones de muy poco peso, gran suspensión alar y poca capacidad, los aeropuertos eran simples pistas de terracería compactada y los servicios a pasajeros una pequeña caseta destinada a los servicios. Con el tiempo los aviones fueron incrementando su velocidad, capacidad y peso que trajo como consecuencia que se adoptaran soluciones adecuadas como mayores longitudes de pista, mayor número de rodajes, y complejidad en la zona terminal, sobre todo en la atención de los pasajeros, equipaje, carga y correo.

En todos los países del mundo existen pequeñas pistas para la operación de aviación ligera, cuya operación está íntimamente ligada al desarrollo económico de la región, incrementa la actividad aérea, por lo tanto, una planificación integral ciudad-aeropuerto es de la finalidad que debe pretender todo estudio, para evitar incompatibilidad de uso del suelo tanto interno como externo al aeropuerto.

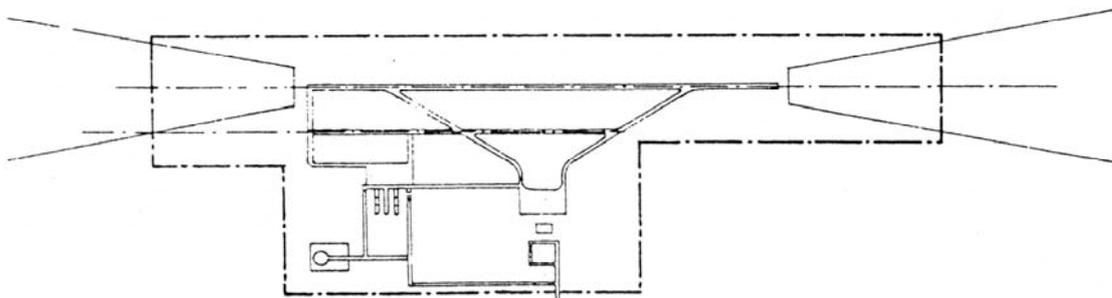
Con el fin de concientizarse sobre las posibilidades de desarrollo de un aeropuerto, se presentan a continuación esquemas de posible secuencia de desarrollo de un aeropuerto en potencia que servirá de ejemplo para familiarizarse con el manejo de términos y normas que se aplican en la planificación de un aeropuerto.



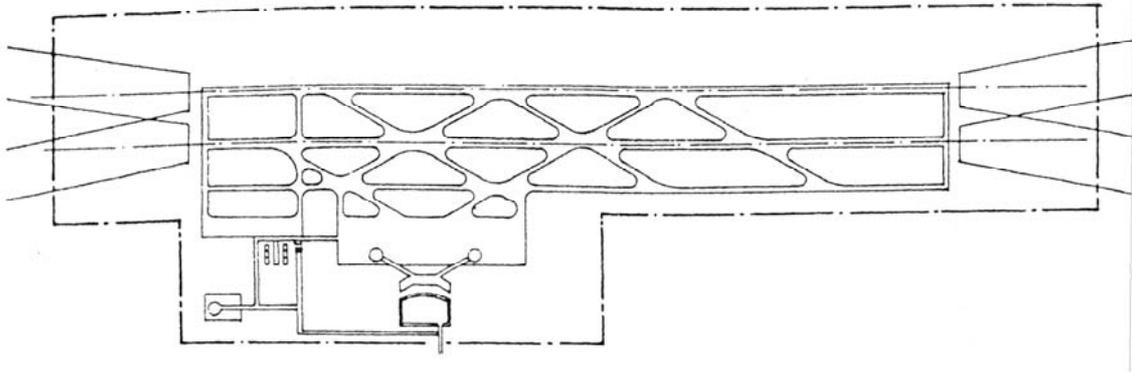
Aeropuerto Aviación Ligera



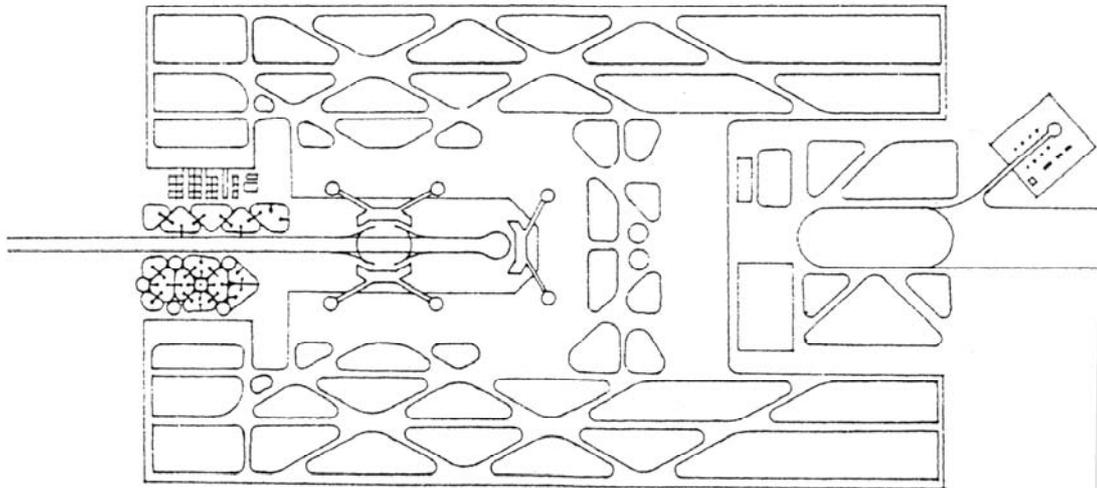
Aeropuerto Regional



Aeropuerto Corto Alcance



Aeropuerto Mediano Alcance



Aeropuerto Largo Alcance



PROCESO DE LA PLANIFICACION

“La planificación aeroportuaria es un proceso que relaciona una serie de actividades particulares de los aeropuertos, con el espacio en el que se van a llevar a cabo. Esta planificación utiliza los conceptos y métodos de muchas disciplinas de tipo científico y social, para obtener el máximo provecho de la zona que se encuentra bajo análisis.”

“La planeación es un proceso continuo e incremental que proporciona lineamientos para el desarrollo. Este proceso incluye la preservación o renovación de espacios y servicios.”

El proceso de planificación aeroportuaria debe tener como resultado los planes, estudios, y toda la información necesaria que pueda utilizarse para tomar decisiones en relación con las necesidades, problemas y oportunidades de un aeropuerto.

METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN

La planificación de un sistema aeroportuario, 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 acarear soluciones que no resulten aceptables.

Un aeropuerto llevara consigo una amplia gama de actividades que presentan diferentes y a veces conflictivas necesidades; además, estas actividades son interdependientes y por lo tanto solo una de ellas puede limitar la capacidad del complejo total.

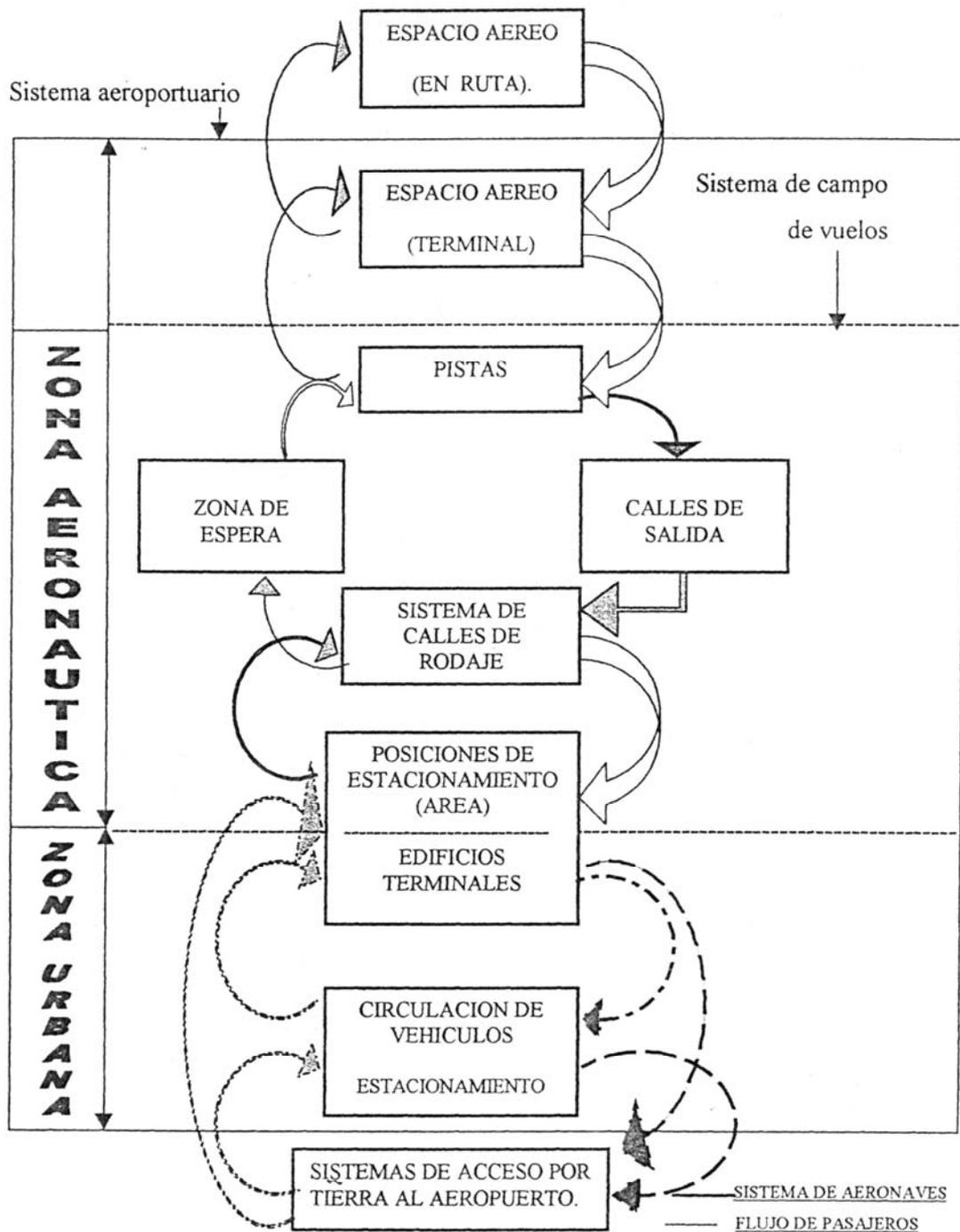
En la siguiente figura puede observarse el sistema aeroportuario que se divide en dos componentes principales:

- Zona Aeronáutica.
- Zona Urbana.

Los edificios terminales establecen la frontera entre estos dos componentes.

Dentro del sistema, las características de los vehículos tanto aéreos como terrestres, tienen una gran influencia en la organización.

Para el pasajero y el transporte de mercancías interesa primordialmente el tiempo de transporte puerta a puerta y no solamente la duración del viaje aéreo. Por esta razón el acceso al aeropuerto resulta también importante a la hora de planificar.



SISTEMA DE PLANIFICACION

Para llevar a cabo la planificación de los aeropuertos, existe cierto grado de dificultad, debido a las diversas instalaciones y servicios que son necesarios para el movimiento de los aviones, pasajeros y mercancías, así como los vehículos terrestres y las necesidades de integrar su planificación.



Se menciona que entre las instalaciones se incluyen las pistas y calles de rodaje, plataformas para las aeronaves, edificios en los que los exploradores de aeronaves entregan y reciben pasajeros y donde las actividades gubernamentales realizan sus actividades.

En el funcionamiento de un aeropuerto intervienen esencialmente las instalaciones de muchas funciones y por lo tanto no deberá planearse como elementos por separado. Las plataformas para las aeronaves 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 utilizan y con los edificios que estos ocupan.

Se menciona también que el grado esencial de precisión y equilibrio del plan general varía con la magnitud de las actividades para las que se proyecta el aeropuerto, y constituya la solución más lógica posible, de forma que la planificación en cada una de las instalaciones contribuya y se integre al plan general más eficientemente posible y proporcione el mayor grado de flexibilidad y posibilidad de ampliación para su esparcimiento en el futuro.

ELEMENTOS DE PLANIFICACION

Una instalación aeroportuaria puede estar constituida desde los elementos básicos, hasta los más complejos. Estos elementos están agrupados según su clasificación establecida, distribuidos en siete zonas. Estas zonas son las siguientes:

1. Zona de Operaciones.

Esta zona está destinada exclusivamente para la operación de aterrizaje y despegue de las aeronaves, así como para la circulación en dicha zona; en ella se localizan los siguientes elementos.

- **Pista.**
 - Única
 - Paralela
 - Convergente.

- **Calles de Rodaje.**
 - Perpendiculares
 - Paralelas
 - Salidas de alta velocidad.



- **Ayudas Visuales.**

- Sistema visual indicador de pendiente de aproximación (VASIS)
- Luz indicadora de alineamiento de pista (RAIL)
- Luces indicadoras de extremo de pista (REIL)
- Faro giratorio
- Cono de vientos
- Luces de aproximación
- Luces de borde en pista, rodajes y plataformas.

- **Radio-ayudas.**

- Control de tránsito aéreo (torre de control)
- Radio faro omnidireccional (VOR)
- Equipo de radio telemétrico (DME)
- Sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS)
- Sistema de aterrizaje por microondas (MLS)
- Radar.

2. Zona Terminal Para Pasajeros de Aviación Comercial.

En esta zona se da atención a los usuarios de los vuelos en itinerario y cuando es necesario se da atención a los vuelos fuera del itinerario (CHARTER). Consta de los siguientes elementos:

- **Plataforma.**
- **Edificio terminal**
- **Estacionamiento para automóviles**

3. Zona Terminal Para Pasajeros de Aviación General

En esta zona se da atención a pasajeros de aviación privada y a compañías comerciales regionales con vuelos de corto alcance. Esta zona consta de:

- **Plataforma**
- **Hangares**
- **Estacionamiento para automóviles**
- **Edificio terminal (dependiendo de la demanda)**

4. Zona de Servicios de Apoyo A Las Operaciones.

En esta zona se localizan instalaciones, como:

- **Torre de control**
- **Edificio anexo (oficinas)**
- **Edificio anexo (maquinas)**



- **Cuerpo de rescate y extinción de incendios (CREI)**
- **Mantenimiento y construcción del aeropuerto**
- **Oficinas de apoyo a la operación**
- **Servicios a plataformas**
- **Bodegas de la compañía aérea**
- **Antenas para radios de comunicación**
- **Mantenimiento del equipo de apoyo**
- **Almacenamiento de combustibles**

5. Zona de Manejo y Carga.

En esta zona se procesa y da servicio a la carga de mayor volumen y dependiendo de su origen nacional o internacional se cuentan con instalaciones para la aduana. En estas instalaciones se localizan:

- **Plataforma**
- **Bodega**
- **Patio de maniobras**
- **Estacionamiento**

6. Zona Para Base de Mantenimiento de Aeronaves

Con el fin de dar mantenimiento a las aeronaves de las compañías aéreas que operan en los aeropuertos y en donde la intensa actividad de los aeropuertos justifica concentrar a la mayoría de la flota se construyen:

- **Plataforma**
- **Hangares**
- **Talleres**
- **Oficinas**
- **Estacionamiento**

7. Zona Presidencial

Esta zona se justifica solamente en aquellos aeropuertos en donde la ciudad es cede de los poderes, es decir, en donde al radicar el presidente de un país, tiene tal actividad, que de no existir estas instalaciones por cuestiones de seguridad, se paralizara continuamente la operación del aeropuerto. Las instalaciones de esta zona consisten en:

- **Plataforma**
- **Hangares**
- **Oficinas**
- **Salón oficial**
- **Estacionamiento**



Para poder dimensionar la infraestructura aeroportuaria es necesario conocer las características de funcionamiento y operación, así como las normas internacionales que rigen la planificación de los aeropuertos. También es necesario conocer los diferentes tipos de avión clasificados por su tamaño, alcance, capacidad, etc.

CAUSAS QUE AFECTAN EL PROCESO DE LA PLANIFICACION

- a) Existen casos en que no hay estadísticas. Esto ocurre por ejemplo cuando se trata de construir un aeropuerto nuevo, donde no existía previamente.

En estos casos es necesario establecer el desarrollo que tendrá el aeropuerto, mediante un análisis de otros factores que dependerán de las razones por las cuales se pretende la construcción. Habrá que estudiar tal vez el desarrollo de la zona en cuanto a su potencial industrial, agrícola, ganadero, etc. Y fijar demandas y sus tendencias que a su vez permitirán posteriormente derivar los parámetros de proyecto y continuar con el proceso.

Puede ser que se trate de algún desarrollo turístico; en estos casos se deben realizar estudios de las posibles corrientes turísticas que pueden captarse, definiendo el número de visitantes y con base a este factor, la demanda del aeropuerto, su posible proyección y de ahí los parámetros del proyecto.

- b) Dentro de los problemas que afectan las estadísticas, inmediatamente se involucran las proyecciones de las mismas.

En todos los casos en que no hay estadísticas o que no son válidas las que existen, las proyecciones tienen un mayor riesgo de quedar siempre fuera de la realidad. Aun en los casos en que exista una historia amplia, las proyecciones no dejan de ser en cierta forma más que un simple tanteo más o menos técnico que siempre va a quedar fuera de la realidad, pero que será más aproximado a ésta en la medida que los antecedentes sean más complejos. De cualquier manera, es evidente que son los únicos datos que se puedan obtener y hay que basarse en ellos.

Considerando lo anterior, es preferible señalar las etapas del desarrollo en función de volúmenes de tráfico, en lugar de fijar fechas para su ejecución, esto quiere decir que es preferible indicar que la segunda etapa de desarrollo de un aeropuerto será necesaria cuando se llegue, por ejemplo, a un volumen de cuatro millones de pasajeros por año, y la tercera cuando se llegue a seis millones. En esta forma, si los volúmenes mencionados se alcanzan en fechas diferentes a las



previstas en ese momento habrá que hacer las ampliaciones necesarias al aeropuerto.

- c) En cuanto a los parámetros de proyecto, se menciona que van ligados a las proyecciones, y que pueden estar sujetos a errores propios, debidos principalmente a los cambios de las tendencias en las horas críticas.

- d) En lo que se refiere a los programas de inversiones, se menciona que en muchas ocasiones se anula el desarrollo de los aeropuertos por problemas de disponibilidad, de dinero y que al retrasarse la ejecución de las etapas, se vuelve necesario efectuar nuevos estudios de la demanda



4.2 FACTIBILIDAD DE INFRAESTRUCTURA

El fuerte desarrollo que ha tenido la actividad aeroportuaria en los últimos 30 años, reflejo de la explosión demográfica y el desarrollo económico, ha traído como consecuencia una mayor complejidad en la planificación, construcción y operación de los aeropuertos. Por tal motivo la Dirección General de Aeropuertos ha tenido que realizar operaciones e implantar metodologías que ayuden a prever las necesidades con cierto grado de factibilidad, con el fin de racionalizar el gasto público, de tal manera que las inversiones estén encaminadas a proyectos que sean justificados y necesarios, manteniendo el principio de proporcionar un beneficio social, y que desde el punto de vista financiero sean atractivas para evitar una mayor carga del gasto y destinar los recursos hacia otras actividades prioritarias.

Por estas razones se realizan estudios de factibilidad para ampliar o remodelar aeropuertos en operación, o en el caso más crítico construir nuevos aeropuertos en ciudades que por sus características y necesidades lo ameriten.

El estudio de factibilidad de aeropuertos comprende tres fases:

Fase I: Demanda de transporte aéreo.

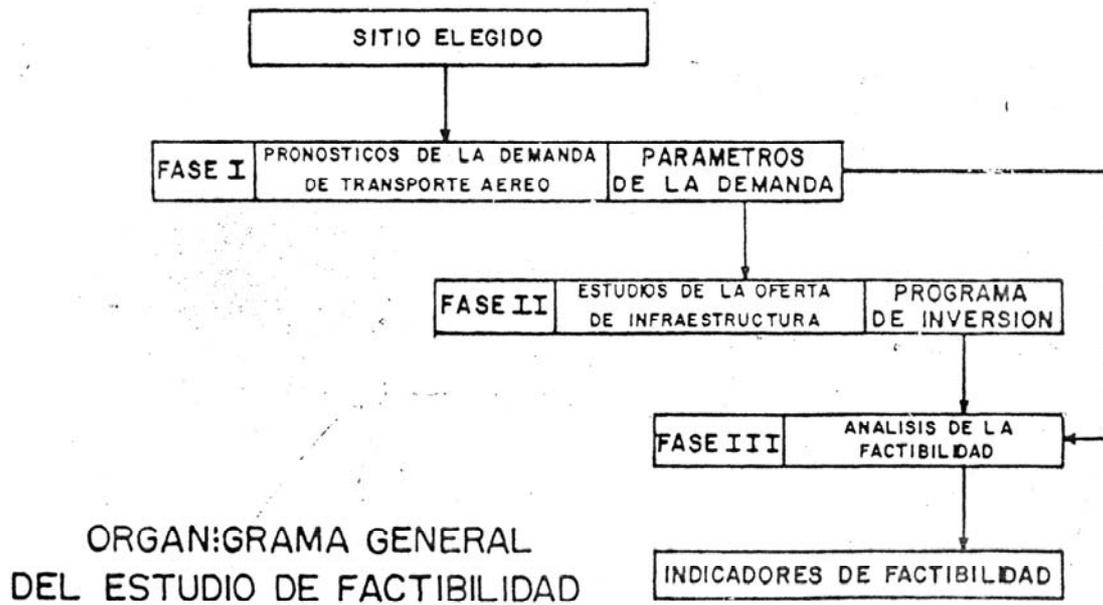
Se define en todos los parámetros de la demanda (pasajeros, operaciones, carga) en todas sus formas (anual, horaria, hora crítica); esta información sirve de base para desarrollar la...

Fase II: Oferta de infraestructura.

A partir de los elementos anteriores, se puede describir la evolución de la infraestructura y por consiguiente, un calendario de inversiones, de modo que se pueda realizar la...

Fase III: Factibilidad.

Estudia el impacto regional y nacional, adoptando todos los puntos de vista (transportistas, usuarios, gerencia de aeropuertos, etc.) y tratando de juzgar esos puntos de vista en función de criterios simples que permitan una comparación de un estudio con otro (indicadores de factibilidad).



FASE I: DEMANDA DE TRANSPORTE AÉREO.

Para definir la demanda de transporte aéreo es necesario precisar previamente la clientela en rangos que se determinan con el área de influencia del aeropuerto. Esta área cubre el conjunto de las localidades cercanas al aeropuerto, cuyos habitantes harían uso del transporte aéreo.

A esta población se aplicara luego cierto numero de modelos de previsión de transito, de los cuales el más importante, es el de la previsión del número anual de pasajeros nacionales comerciales, en base al estudio de las relaciones telefónicas entre las localidades del área de influencia y el resto del país.

Por supuesto, hay casos en que este modelo no puede ser aplicado, principalmente cuando no se dispone de datos telefónicos; por lo tanto, es necesario puntualizar otros modelos más generales, basados en datos socioeconómicos del área de influencia (población, hoteles, ingresos).

Por consiguiente, las previsiones de transito serán esencialmente:

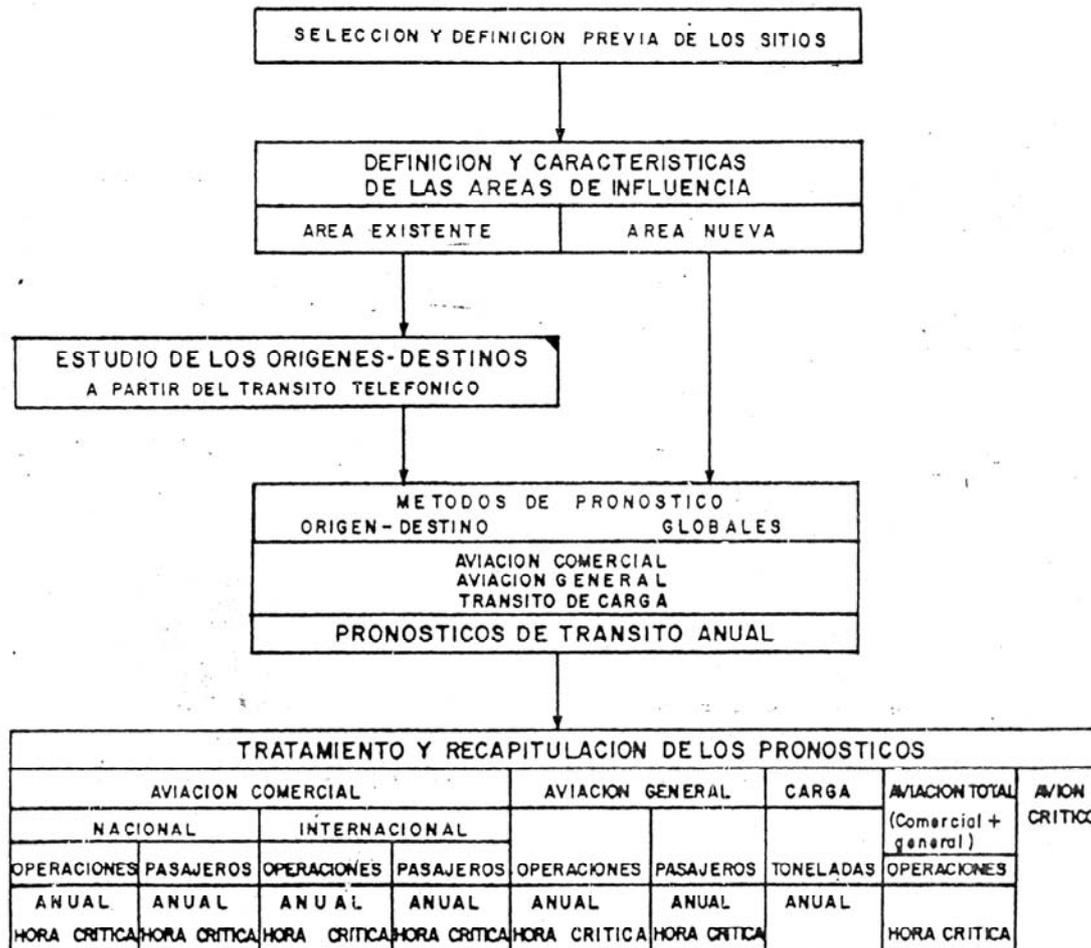
- Pasajeros anuales comerciales
- Operaciones anuales comerciales
- Operaciones anuales de aviación general
- Carga anual.



En este caso se utilizan dos métodos: uno para aeropuertos en movimiento de más de 300 000 pasajeros anuales, será necesario definir la hora crítica, mediante un enfoque analítico de su composición (tercer nivel, grandes aviones). Además, se deberá tener en cuenta el hecho de que las previsiones deben ser suficientemente detalladas, globales; en este último caso, será posible analizar en forma precisa la composición de la hora crítica.

ORGANIGRAMA DE LA FASE I

DEMANDA DE TRANSPORTE AEREO

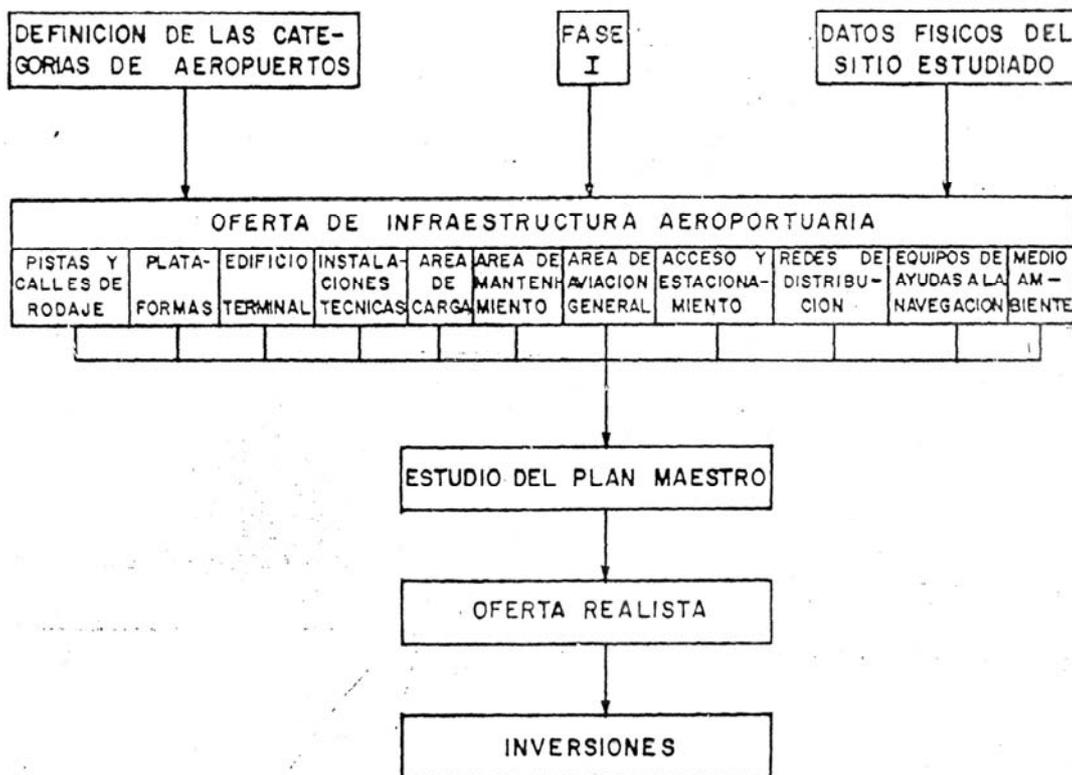


FASE II: OFERTA DE INFRAESTRUCTURA AEROPORTUARIA.

Después de haberse definido la demanda, año por año, se plantean las necesidades de infraestructura aeroportuaria, cuyos planteamientos no pueden ser realizados sin que se hayan definido previamente las condiciones locales (meteorología, topografía, geología, etc.) e incluso, haber descrito la situación actual de un aeropuerto en operación.

ORGANIGRAMA DE LA FASE II

OFERTA DE INFRAESTRUCTURA



Una vez definidos los datos físicos básicos es posible entonces dimensionar cada elemento del aeropuerto utilizando métodos sencillos que permiten un enfoque de las inversiones, compatibles con el nivel de estudio de factibilidad.



Cada elemento constitutivo del aeropuerto debe de ser agrupado en el desarrollo del aeropuerto a largo plazo ("Plan Maestro"), que define la organización de la infraestructura aeroportuaria. Es posible entonces, describir el programa anual de inversiones, desde la fecha de la toma de decisión hasta el horizonte a largo plazo (en general, de 15 años)

FASE III: ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.

En esta etapa se estudio la totalidad de los ingresos y egresos por la creación de infraestructura, a fin de estudiar el punto de vista de todos los participantes: la colectividad nacional y regional, el organismo que opera el aeropuerto, las compañías aéreas, los transportistas y los usuarios.

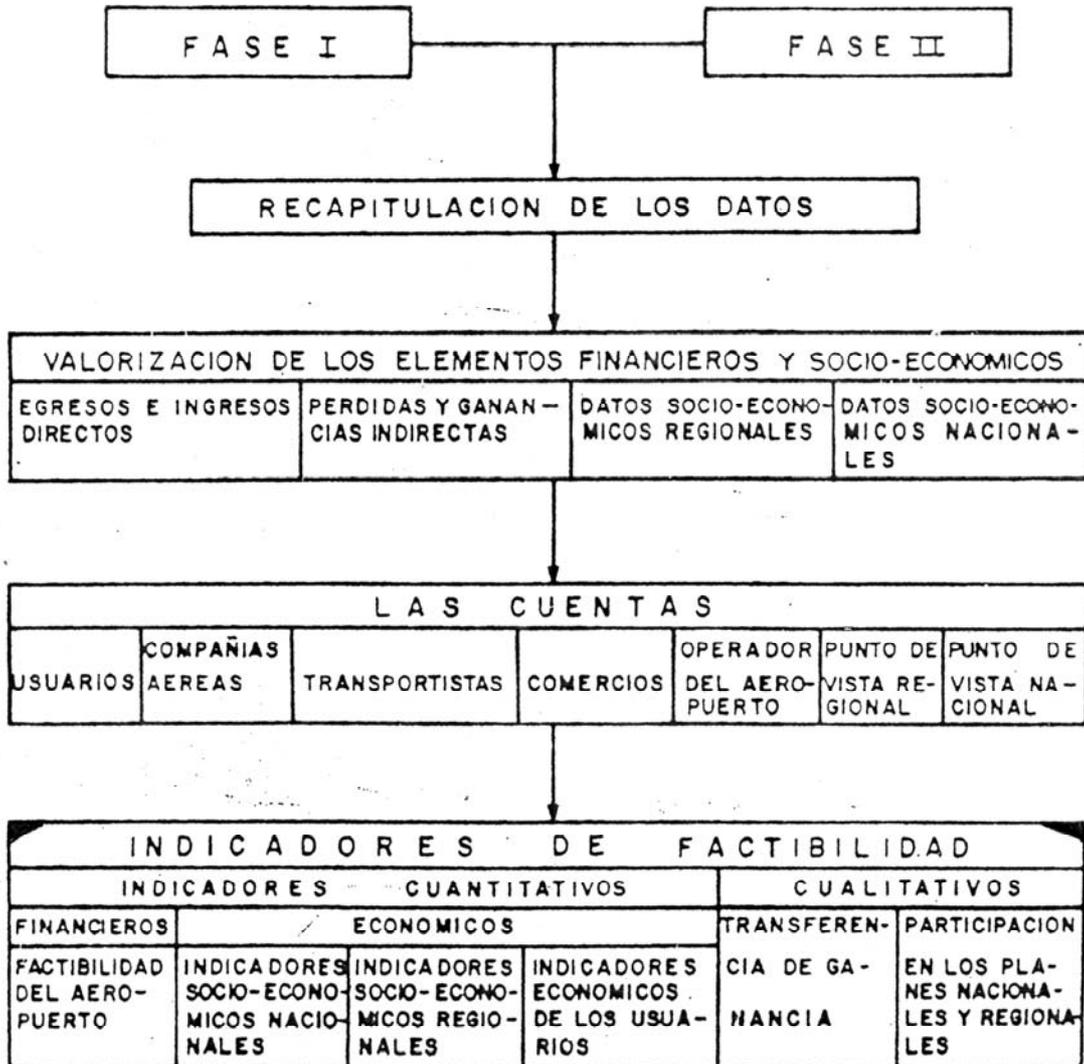
De los participantes antes mencionados deberán extraerse los indicadores que presentan en forma sintética el punto de vista de cada uno de ellos.

Esos indicadores serán: las tasas internas de retorno económicas o financieras, los beneficios totales actualizados acumulados en el periodo de estudio, el número de personas afectadas por la contracción y operación del aeropuerto, la generación de empleo, y la participación y crecimiento del producto interno bruto (PIB).



ORGANIGRAMA DE LA FASE III

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD





4.3 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

DEMANDA PARA FINES DE PLANIFICACION

La demanda sirve para la preparación a largo plazo que abarquen los factores aeronáuticos, operacionales aeronáuticos o de otra clase, en los cuales pueda basarse la planificación para el futuro. Se menciona que el estudio de la demanda es un punto vital para el proceso de la planificación y control de aeropuertos; la demanda es importante para definir las instalaciones que se requerirán, la importancia de esas instalaciones y el momento en que se necesitarán. La finalidad de la demanda, no es predecir el futuro con precisión sino facilitar la información que pueda ser utilizada para evaluar los efectos de incertidumbre con respecto al futuro; por lo tanto deberá tenerse en consideración, tanto en la planificación física del aeropuerto, como para fines de evaluación financiera.

La demanda en hora crítica es la que condiciona la mayor parte de las instalaciones de un aeropuerto, por ejemplo: el tránsito de aeronaves define los requisitos relativos a pistas, calles de rodaje, control de tránsito aéreo y plataformas; el tránsito de pasajeros es el que define los requisitos relativos al edificio terminal, sistema de acceso y estacionamiento (cuando sean incorporados análisis adicionales relativos al número de visitantes que acompañan a los pasajeros del aeropuerto).

Los vuelos de las aeronaves exclusivamente de mercancías deben analizarse por separado, ya que en aeronaves de carga pueden utilizarse fuera del periodo de hora crítica. También es necesario prestar atención a las actividades de aviación general puesto que estas son muy difíciles de estimar, ya que no reflejan necesariamente las características socioeconómicas de la región ni se presentan tendencias regulares. Sin embargo, tanto las actividades de aviación general como la de los vuelos no regulares pueden ser no distribuidas fuera de los periodos de hora crítica.

Los métodos para el cálculo de la demanda dependerán de los datos disponibles del tiempo y recursos de que se dispone para efectuar el análisis y la finalidad para el cual se prepara este.

La preparación de la demanda para un nuevo aeropuerto constituye un problema totalmente diferente especialmente si el transporte pasa por circunstancias inestables y si la región se encuentra en fase de rápido desarrollo económico; en tales casos los métodos de abordar y resolver el problema tendrá que ser completamente diferente.

Se menciona que en este caso la demanda puede buscarse en gran medida, en los antecedentes reunidos acerca del aeropuerto, la red de transporte aéreo y de la región en cuestión: en base a la proyección de las tendencias del tráfico registradas en el pasado, pueden obtenerse pronósticos preliminares bastante confiables y se pueden elaborar análisis más correctos en base a los factores que han afectado el desarrollo en el pasado. No siempre



se cuenta con la información necesaria para elaborar una previsión confiable, en algunos casos se cuenta con esta pero no es representativa.

PROSPECTIVA DE LA DEMANDA

Dentro del marco de la planificación de los aeropuertos, se manifiesta que la demanda esta íntimamente relacionada con la capacidad, y que en algunos casos la capacidad dependerá del nivel de servicio o calidad del servicio; es decir, el grado de confort que se pretenda dar al usuario.

Se dice que cualquier análisis de capacidad de aeropuertos siempre deberá tener en cuenta los siguientes elementos:

- El volumen de la demanda esperada y el periodo durante el cual se pretende satisfacerla.
- El nivel de calidad de servicio que se pretenda ofrecer al usuario.
- El equilibrio entre las capacidades propias de cada uno de los sistemas y subsistemas del aeropuerto.

Con lo que respecta al primer punto es importante que se cuente con una metodología adecuada que nos permita conocer lo más acertadamente posible los intervalos de variación de la demanda esperada. Pero casi siempre e presentan dificultades ya que la predicción de la demanda se basa mucho en la suposición, ya que mientras más lejana sea la distancia (tiempo), será mayor el grado de incertidumbre.

Por otra parte, el nivel de demanda potencial tiene implicaciones diferentes para cada uno de los sistemas del aeropuerto; es por eso que el análisis debe realizarse teniendo en cuenta los factores que por separado influyan en cada elemento del aeropuerto.

Basándose en estas consideraciones se puede proponer que el análisis de la demanda debe expresarse en términos que sean relevantes al diseño y dimensionamiento de las instalaciones.

Sobre el segundo punto, relacionado con el nivel de calidad del servicio, se plantea que los elementos en el sistema aeroportuario deben operar de acuerdo con diversas normas de calidad.

Respecto al tercer punto, relacionado con el equilibrio entre los diversos sistemas y subsistemas del aeropuerto, constituye un punto muy importante en materia de capacidad, puesto que algunas instalaciones tienen una capacidad dada, en tanto que para otras su capacidad dependerá de su adecuado dimensionamiento.



Se menciona que una pista tendrá básicamente las mismas características para el mismo tipo de aeronave, así se presente una operación a la semana o veinte operaciones por hora; en cambio el sistema de rodajes, las plataformas, los edificios terminales, los estacionamientos y las zonas de almacenamiento de combustible, pueden dimensionar de acuerdo con la demanda esperada de cada uno de ellos.

De lo anterior se desprende que el análisis de justificación de los aeropuertos establece como una de sus premisas, el equilibrio entre la inversión y el grado de utilización de las instalaciones aeroportuarias.

Por otro lado también se menciona que los análisis que la secretaria de comunicaciones y transportes realiza, pretenden establecer el tipo y volumen de actividad aeronáutica en determinada región, para determinar el equipo de vuelo que se utilizara y la demanda potencial. Para tal efecto se realizan estudios de factibilidad en los que se determinan los beneficios que en forma indirecta se producen en la comunidad por la existencia del aeropuerto, en términos de mayor producción, turismo, empleo, etc., también se determina el número de viajes generados y el equipo necesario para satisfacerlos, lo que se compara con la disponibilidad y previsiones que en materia del equipo de vuelo tengan las empresas, con objeto de verificar si ese aeropuerto podrá ser explotado comercialmente.

Así, se ha determinado que en México deben existir dos tipos básicos de aeropuertos:

1. Aeropistas para operadores regionales, que utilizan aeronaves monomotores o bimotores, de hélice, con una capacidad muy reducida de asientos y requieren de instalaciones muy reducidas.
2. Aeropuertos para servicio comercial regular que deben atender por razones de economía, a la demanda de aviación general en la zona.

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

PARAMETROS PARA ESTUDIO DE CAPACIDAD.

En cuanto a los parámetros de proyectos independientemente de que van ligados a las previsiones, pueden estar sujetos a errores propios, debido principalmente a los cambios de las tendencias en las horas críticas. Si una plataforma esta calculada para permitir el estacionamiento de siete posiciones simultaneas de aviones Boeing 727, valores que representan con frecuencia de tres a cuatro veces por semana en una hora fija, es posible que por



conveniencia de las compañías operadoras cambien los itinerarios automáticamente y cambien los valores establecidos para el proyecto. Lo mismo sucederá con las salas de espera, la salida, ó las salas de entrega de equipaje y la mayor parte de los elementos del edificio del aeropuerto, ya que este cambio de itinerarios, al afectar el número de aviones simultáneamente estacionados, afecta también al número de pasajeros que se procesa dentro del propio edificio.

Esta situación es más acentuada en aeropuertos pequeños, donde el número de posiciones simultáneas es mayor de cuatro o cinco durante la hora crítica ya que el porcentaje que representa un avión sobre el total es grande a diferencia de los aeropuertos de fuerte movimiento, donde el número de operadores es mayor, los cambios son en números y generalmente se compensan unos con otros.

Más aun, en algunos casos de grandes volúmenes de tráfico y por razones de falta de capacidad de los aeropuertos, se distribuyen los picos horarios y desaparece el problema. La clasificación del número de horas en funcionamiento del aeropuerto en función del tránsito horario decreciente, permite definir una hora crítica, cuyo tránsito inferior al pico, sirve de base al dimensionamiento del aeropuerto.

Se recurre de un modo general a la apreciación global del tránsito anual mediante métodos expuestos posteriormente. En el marco de estudio de factibilidad de un aeropuerto no se puede estudiar en forma detallada la configuración precisa en hora crítica ya que depende directamente de los horarios de cada ruta aérea, cuyo análisis implicara analizar las redes explotadas por las compañías del territorio.

ÁREA DE INFLUENCIA

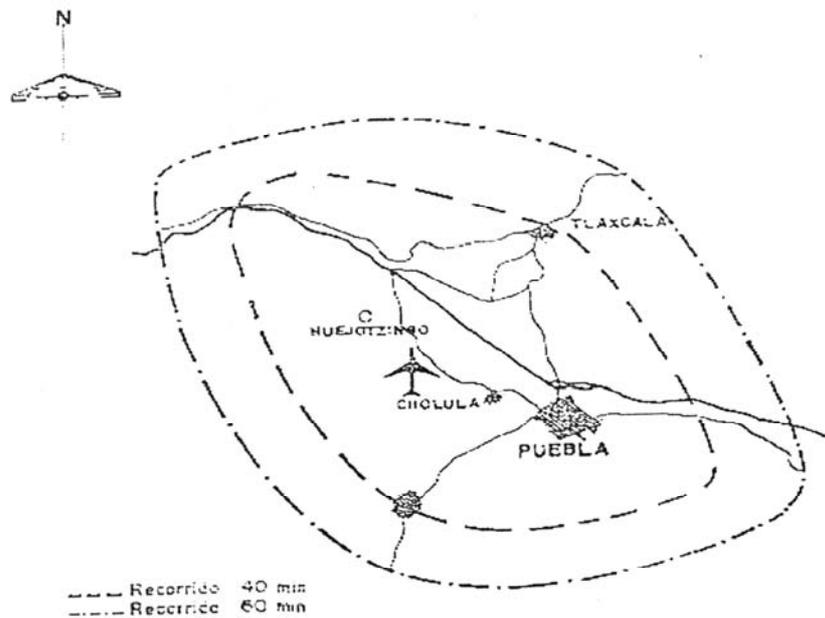
El área de influencia del aeropuerto se determina tomando en cuenta las localidades situadas cuando menos a 60 minutos por vía terrestre. Esta influencia se divide en dos zonas:

Zona I:

Localiza las poblaciones que generan el 95% de los usuarios, agrupados a las localidades situadas a menos de 40 minutos de recorrido por carretera.

Zona II:

Se encuentran las localidades que generan el 5% restante de la zona, comprendiendo las poblaciones ubicadas entre los 40 y 60 minutos de recorrido por carretera.



AREA DE INFLUENCIA

Utilización del Área de Influencia.

En realidad es necesario matizar la utilización según la componente de tránsito aéreo que se examina, por ejemplo:

a) *Respecto al tránsito comercial.*

La definición del área de influencia, corresponde en realidad a los análisis efectuados para la aviación comercial nacional. Por tanto, se aplica integralmente a ésta componente del tránsito aéreo del aeropuerto. Se tendrán en cuenta especialmente las zonas I (de 40 minutos) y II (entre 40 y 60 minutos).

b) *Respecto al tránsito comercial internacional.*

Esta componente del tránsito está mucho menos vinculada a la noción de usuarios localizados que a la existencia de actividades específicas. Sin embargo, la demanda de tránsito internacional se traduce en el sitio por una oferta de capacidad hotelera de categoría superior, y que existe una correlación significativa con dicha capacidad dentro del área de influencia, limitada ésta vez a la zona I (40 minutos)

c) *Respecto al tránsito de aviación en general.*

Encuestas realizadas en aeropuertos Mexicanos revelan que, también en este caso, la generación de tránsito coincide con la misma zona I (40 minutos).



d) *Respecto a la carga aérea.*

Se verá también que el volumen de tránsito permanecerá sin duda mucho tiempo todavía vinculado directamente al volumen de tránsito comercial de pasajeros, de tal modo que la noción aérea de influencia en lo que se refiere a la carga, carece de interés directo en cuanto a su pronóstico.

En síntesis, se comprueba que, en lo que concierne a los requerimientos del estudio, es necesario y basta definir, para cada uno de los escenarios estudiados, una sola área de influencia dividida en:

- Zona I (menos de 40 minutos)
- Zona II (comprendida entre 40 y 60 minutos)

El tránsito comercial nacional concierne a las zonas I y II

El tránsito comercial internacional y la aviación general concierne únicamente a la Zona I.

e) *Análisis de la zona de influencia.*

En lo que se refiere a cada escenario por estudiar, el análisis tiene como finalidad:

- Definir el área de influencia incluyendo su división en dos zonas.
- Recopilar datos básicos relativos a dicha área, siempre que sean útiles para continuar el estudio.

Los datos necesarios para el cálculo de los pronósticos de tránsito aéreo son:

- Información de centrales telefónicas.
- Datos demográficos.
- Datos turísticos.

Para el estudio de factibilidad son:

- Datos socioeconómicos.

Demografía.

Caso de un área de influencia nueva.

En este caso, se necesitan encuestas ante los organismos encargados del desarrollo de la región considerada, para apreciar en el periodo estudiado:



- La población total (directa e indirecta) generada por los desarrollos turísticos ó industriales.
- La población activa, de ingresos elaborados, deducida de la población total mediante las relaciones:
 - 7% Si se trata de un área turística.
 - 8% Si se trata de un área industrial.

Turismo.

En este punto se debe tomar nota de las estadísticas existentes y de los pronósticos de crecimiento de la oferta hotelera de cada municipio dotado de central telefónica y situada en la Zona I del área de influencia, en las dos formas siguientes:

- Número total de habitaciones de hotel.
- Número de habitaciones acumuladas de hotel de las categorías A y AA (entre tres y cinco estrellas)

También se debe tomar en cuenta el crecimiento futuro, mediante encuestas ante los organismos encargados del desarrollo turístico, que justifique el estudio de la creación de un aeropuerto.

Transporte.

En este punto es necesario obtener hasta donde sea posible los datos relativos a la infraestructura de transporte existente en la región, así como los pronósticos de su evolución:

- Redes de carreteras y autopistas.
- Planes de desarrollo carretero.
- Eventualmente, ferrocarriles.
- Tiempos de recorrido.



Economía.

Para la obtención del estudio económico de un área de influencia nueva, es necesario tratar de determinar, por medio de encuestas, los datos económicos de:

- Producción.
- Empleo.
- Proyectos de ampliación.
- Ciclos de producción
- Integración en los planes de desarrollo, etc.

ÁREA DE INFLUENCIA DE AVIACIÓN COMERCIAL.

Para tener conocimiento de esta área de influencia, se menciona el procedimiento que es necesario seguir, y que consiste en:

- a) En el mapa S.C.T. por estados, se consideran las velocidades promedio siguientes:
 - 100 km./hr Para las carreteras federales con 4 carriles.
 - 75 km./hr Para las carreteras federales con 2 carriles.
 - 60 km./hr Para las demás.
- b) Situar al aeropuerto en el mapa S.C.T. (por la tanto existirá un área de influencia por hipótesis)
- c) En todas las carreteras que pasan por el aeropuerto, marcar los límites de las categorías de distancia tiempo.
 - Categoría 1: Localidades situadas a menos de 40 minutos.
 - Categoría 2: Localidades situadas entre 40 y 60 minutos.

Hay que considerar que la carretera de acceso al nuevo aeropuerto será de 2 a cuatro carriles según el tipo de aeropuerto.

- d) Si una localidad esta más cercana a otro aeropuerto, suprimirla del área de influencia del aeropuerto estudiado y cambiar los límites del área de influencia.
- e) Trazar una línea poligonal en todos los puntos obtenidos.



4.4 ESTUDIOS DE EVALUACIÓN PARA EL EMPLAZAMIENTO.

ESTUDIOS

Para la selección del lugar en donde se localizara el nuevo emplazamiento en determinada región, es necesario efectuar una selección de varios lugares para de ahí recoger la mejor opción, para eso se realizan análisis cuantitativos y cualitativos, apoyados en estudios, primero del tipo meteorológico, los cuales son de una gran ayuda si se considera que estos deben durar cinco años; segundo, estudios topográficos relacionados al levantamiento de accidentes naturales y todo aquellos que se considere de gran utilidad para el proyecto del aeropuerto como son: los edificios, vías de comunicación, arroyos, ríos, lagunas, etc.

Y el tercero que es el estudio aeronáutico del lugar donde es muy importante la previsión de la aeronave que operara, considerando las del tipo crítico, y las rutas aéreas que se cubrirán desde este sitio. Sin olvidar los estudios de Mercado, de Impacto Ambiental, Técnicos, Sociales, que determinaran los dimensionamientos de pistas, calles de rodaje, plataformas, espacios aéreos y todo lo relacionado con la operación aeroportuaria, para ese lugar.

EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.

Tomando en cuenta las previsiones de la demanda esperada o futura, el volumen y tipo de tráfico aéreo, así como el uso del aeropuerto, podemos decir que la selección del emplazamiento se divide en varias etapas: estas comienzan con la determinación de la forma y dimensiones del área necesaria para el nuevo aeropuerto, el emplazamiento de las zonas que ofrece posibilidades de ampliación, y el examen de evaluación de dichos emplazamientos.

Etapas.

Las etapas principales de toda la evaluación o selección de un nuevo emplazamiento, son las siguientes:

1. Determinación general de la extensión necesaria del terreno.
2. Situación de los emplazamientos.
3. Estudio preliminar de los probables emplazamientos.
4. Inspección del terreno.
5. Examen de los posibles emplazamientos.



6. Preparación de los planos esquemáticos y cálculo de gastos.
7. Evaluación y selección definitiva
8. Informe y recomendaciones.

Factores.

Se plantea que antes de considerar los factores que intervendrán en el análisis cualitativo y cuantitativo de cada uno de los lugares propuestos para el nuevo aeropuerto, es necesario determinar en forma general, la extensión del terreno que probablemente se va a requerir. Para ello el planificador o proyectista considerara fundamentalmente el espacio necesario para la o las pistas, que por lo general constituyen la mayor parte del terreno exigido para un aeropuerto. A este fin, se deben examinar los siguientes factores:

1. Longitud de las pistas.
2. Orientación de la pistas.
3. Número de pistas.

La combinación de la longitud, número y orientación de las pistas, trazará a manera general la configuración de la zona aeronáutica, con efectos de cálculos para la magnitud del terreno necesario.

Una vez determinadas las dimensiones y tipo de aeropuerto, es necesario analizar estos datos, para posteriormente trazar en planos y mapas los posibles emplazamientos del aeropuerto a construir. La finalidad de este estudio es eliminar los emplazamientos inapropiados.

Realizada la evaluación general del terreno necesario, con base a un trazado provisional, el cual puede satisfacer las exigencias de un plan maestro para el nuevo aeropuerto, se podrá iniciar la recopilación de antecedentes de los diferentes sitios.

Los factores acerca de los cuales deberá recopilarse información son los siguientes:

- **Actividad aeronáutica.-** Consultar a las líneas aéreas, comerciales o privadas, asociaciones, y a todas aquellas personas que están relacionadas con el nuevo aeropuerto.
- **Desarrollo de la zona circundante.-** Proporcionar información con respecto a la utilización actual y futura de los terrenos, por parte de las entidades federativas del lugar.



- **Condiciones atmosféricas.-** Obtener datos del lugar referentes a la presencia de niebla, clima, humo, etc. Los cuales pueden reducir la visibilidad y en consecuencia la capacidad del nuevo aeropuerto.
- **Accesibilidad al transporte terrestre.-** Observar y analizar las carreteras, vías férreas y rutas de transporte público del lugar.
- **Disponibilidad de terrenos adyacentes.-** Analizar y estudiar la disposición de terrenos adicionales a los necesitados para futuras ampliaciones.
- **Topografía.-** Observar y analizar los factores importantes que repercutirán en el costo de la construcción, tales como las excavaciones, rellenos, condiciones de drenaje, deficiencias del terreno, bancos de materiales, etc.
- **Medio ambiente.-** observar y analizar el entorno del lugar en lo referente a las zonas naturales que están reservadas a la flora y fauna, y refugios migratorios así como escuelas, hospitales, zonas habitacionales, etc.; las escuelas podrían ser afectadas por el ruido generado por el nuevo aeropuerto.
- **Existencia de otros aeropuertos.-** Observar y analizar las rutas aéreas para los aeropuertos que se encuentran relativamente cerca del lugar en estudio.
- **Disponibilidad de servicios de utilidad pública.-** Analizar las redes principales de suministro de energía eléctrica, agua, alcantarillado, gas, servicios telefónicos, etc.

ESTUDIO DE MERCADO.

Los objetivos fundamentales de este estudio son determinar el mercado potencial actual y futuro de un aeropuerto para la realización de un proyecto adecuado a la demanda estimada, y a la evaluación económica del mismo que satisfaga en general dicha demanda.

Con el objeto de poder estimar el posible mercado potencial del aeropuerto en estudio así como también poder evaluar la demanda probable del mismo, se realizan encuestas y entrevistas en las agencias de viajes, compañías aéreas, dependencias de turismo y centrales camioneras. Esto constituye una variedad completa para el análisis de los diferentes tránsitos.

Las actividades desarrolladas para la elaboración del estudio de mercado y proyecciones de la demanda consisten básicamente en obtener los siguientes indicadores:



- Actualizar los datos de tránsito (origen destino) y tarifas.
- Determinar el motivo fundamental por el cual se realiza el viaje (trabajo, esparcimiento, etc.)
- Eliminar las incertidumbres relativas a las posibilidades de correspondencia y a los orígenes o destinos reales de los viajeros (trayectos terminales)
- Analizar la naturaleza de los tránsitos.
- Cuantificar la operación de los aviones en los vuelos comerciales.
- Determinar la calidad del servicio de las instalaciones del aeropuerto.
- Determinar el medio de transporte utilizado y su distribución de la siguiente forma: automóvil, autobús, avión.
- Obtener información sobre el nivel de operación promedio anual de los hoteles en temporadas vacacionales, festivales o eventos especiales, si se presentan problemas de cupo en los hoteles de la zona.
- Encuesta al turismo que visita la zona, tanto el nacional como el extranjero.
- Investigar si existen planes y programas a corto y mediano plazo para desarrollar una mayor infraestructura turística que incremente la afluencia de turistas a la zona de influencia del aeropuerto. Estos programas influirán en forma significativa en la demanda del aeropuerto.

AFOROS

La finalidad del estudio es obtener muestras de todos los movimientos del tráfico aéreo dentro de la zona aeronáutica y edificio terminal datos que habrá de transformar a números característicos que concentren la parte más importante de la información.

Otra finalidad es la de hacer un análisis de los datos experimentales y de los fenómenos observados, a efecto de obtener conclusiones y poder tomar decisiones necesarias.

Una vez hecho el análisis de los datos, se podrá predecir el futuro del fenómeno observado. Por ejemplo; ¿Qué efectos provocara un aumento de los pasajeros anuales? y ¿Cuál será el aumento de pasajeros en horas pico? etc.

El estudio de aforos cubre dos grandes aspectos:

- La recopilación y procesamiento de muestras.
- La interpretación y análisis de los datos procesados.



PLAN DE RECOPIACION

Esta fase de la elaboración estadística consiste en la determinación precisa del fenómeno que se trata de captar, así como las informaciones que pueden ser útiles para los estudios posteriores que del fenómeno quieran hacerse. Igualmente, en esta fase, de acuerdo con las limitaciones se tendrá que decidir si la investigación será parcial o total. En el primer caso solo se hará en las zonas de saturación; en el segundo caso se tratara de hacer un aforo a todos los elementos del aeropuerto.

ESTUDIO AERONAUTICO.

La construcción de un nuevo aeropuerto exige gran cantidad de inversión económica; esto exige que las instalaciones construidas no queden prematuramente obsoletas, ni que se derrochen recursos financieros, materiales y humanos.

Para eso es necesario que el planeador y planificador, prevean que todas las instalaciones del nuevo emplazamiento y su vida útil sea lo más dilatada posible.

Para lograr esta finalidad el nuevo emplazamiento deberá de contar con suficiente terreno para llevar a cabo las progresivas ampliaciones establecidas en su horizonte de planeación (Plan Maestro), al mismo ritmo que crezca la demanda del tráfico aéreo.

A fin de que la inversión económica rinda beneficios, es necesario, independientemente del terreno, cuidar por la seguridad de las operaciones aeronáuticas y evitar en todo lo posible, peligros y molestias el las poblaciones cercanas, todo esto sin que evite el crecimiento y la eficacia del nuevo aeropuerto.

ESTUDIO METEOROLÓGICO

El estudio meteorológico para un aeropuerto que se va a proyectar tiene como finalidad poder prever la variación de los diferentes fenómenos atmosféricos que se presentan en el sitio de estudio.

ESTACIONES METEOROLOGICAS.- Son casetas que en su interior están instalados instrumentos y aparatos para la interpretación de los fenómenos atmosféricos del lugar en estudio. Las estaciones deben estar instaladas lo más cerca del lugar en el sitio más elevado del área, teniendo un acceso fácil.

La información meteorológica utilizada para las operaciones aeronáuticas se referencian básicamente en los pronósticos de ruta y del aeropuerto.



Donde, el primero describe las variaciones de los parámetros meteorológicos a lo largo del trayecto que recorrerá la aeronave durante su vuelo comercial; el segundo consiste en informar de las diversas características de nubes, precipitaciones, condiciones de congelamiento y turbulencias, vientos y fenómenos atmosféricos que pudieran presentarse durante la ruta aérea.

Esta información que es plasmada en el mapa del tiempo significativo, es entregada a la tripulación de la aeronave que realizara el vuelo comercial, previamente establecido por su empresa aérea.

La zona del próximo emplazamiento debe reunir las siguientes condiciones meteorológicas, las que se clasifican en tres partes que son:

1. Condiciones climatológicas generales de la zona.

Indica las condiciones de utilización de todos los lugares situados dentro de la zona, refiriéndose a la climatología de la misma. De esta manera se obtienen datos de intensidad y frecuencia de dirección de vientos, por medio de diagramas mensuales y anuales, llamados Rosa de los Vientos; los recorridos totales, es decir, el producto de la velocidad por el tiempo, temperaturas, presiones y humedad, lluvias y nieve, densidades con sus horas más frecuentes, número de días en que las nubes son de altura menor a los 200 metros, y las probabilidades de formación de tormentas en determinados meses.

2. Consideraciones generales de las rutas aéreas que efectuaran al aeropuerto.

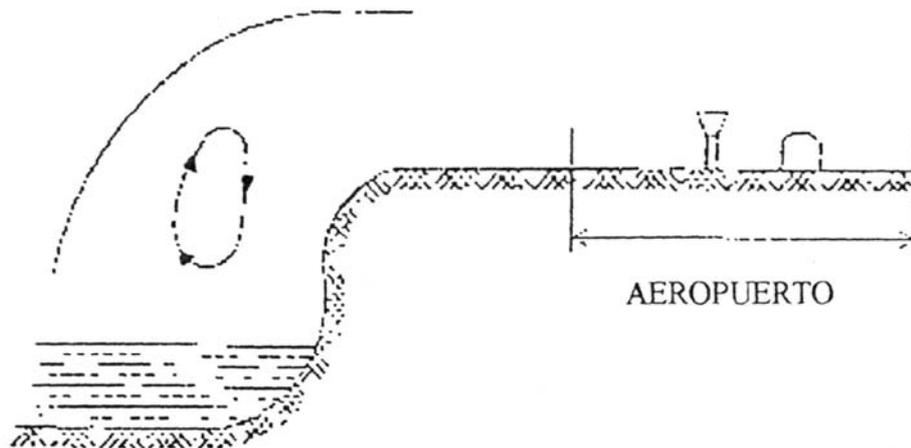
En ocasiones un pequeño desplazamiento del proyecto dentro de la misma región, puede conducir a mejorar las condiciones futuras del próximo emplazamiento, como es el caso de las frecuentes brumas y por lo tanto de la mala visibilidad, que pudieran ser ocasionadas por la proximidad de núcleos fabriles y zonas montañosas. Esto también sucede en las proximidades de ríos, a consecuencia de la formación de nieblas debidas a la fuerte evaporación que existe en estos lugares.

3. Condiciones especiales del lugar elegido para el nuevo emplazamiento.

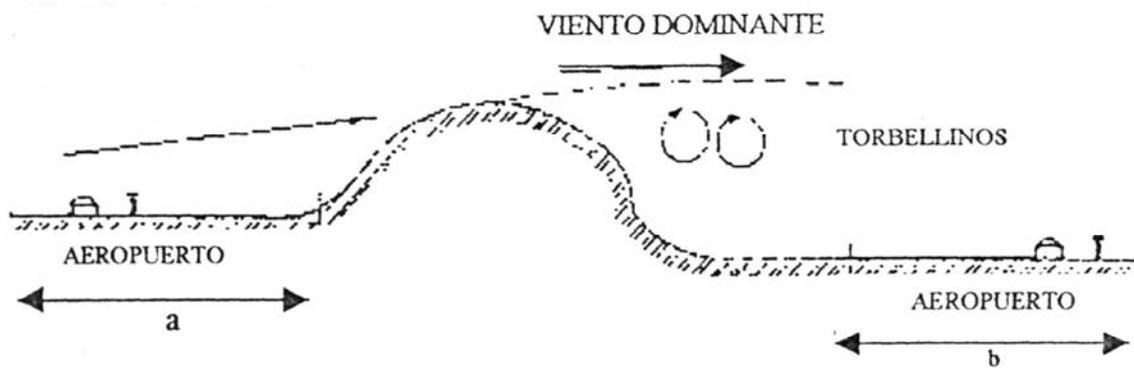
Por causas del relieve del suelo se pueden modificar las capas de aire más bajas, variando en parte la meteorología común a toda la zona; produciendo por este motivo corrientes ascendentes y descendentes, así como variaciones en las direcciones del viento, que habrán de tener en cuenta, por poner en peligro las operaciones de aterrizaje y despegue de la aeronaves, así como de la maniobras a baja altura; y también determinaran cambios de dirección de las pistas previamente construidas.

A continuación se presentan en forma descriptiva y grafica los efectos naturales del aire en los diferentes relieves del suelo.

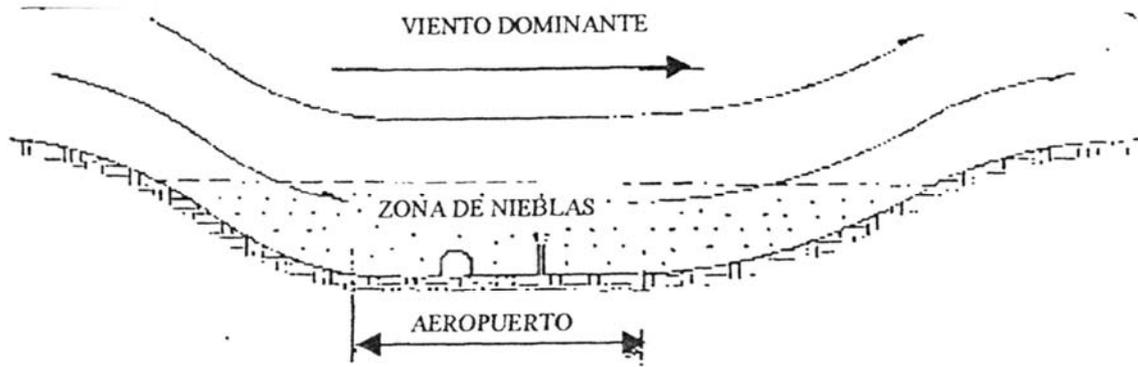
Influencia de una cadena montañosa con fuertes escapes de viento. Esta cadena origina hasta un 25% de torbellinos, los que hacen peligrosas este tipo de zonas.



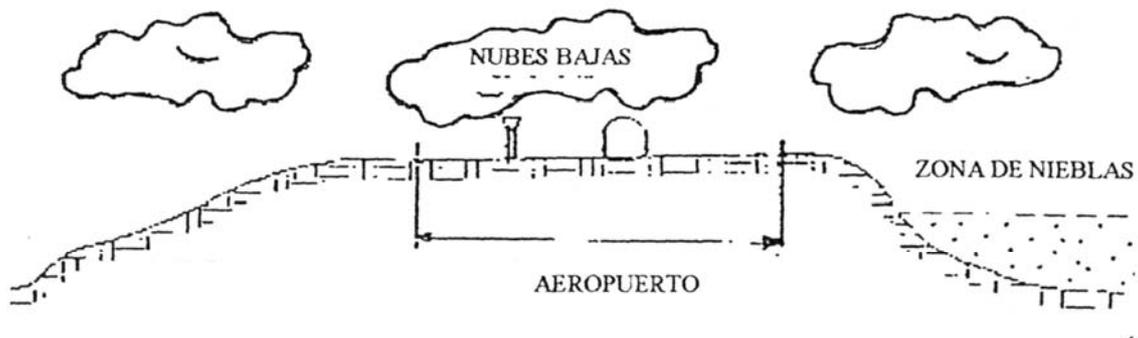
Efectos que producen las variaciones de los relieves del suelo



Influencia de una cadena montañosa sobre el viento

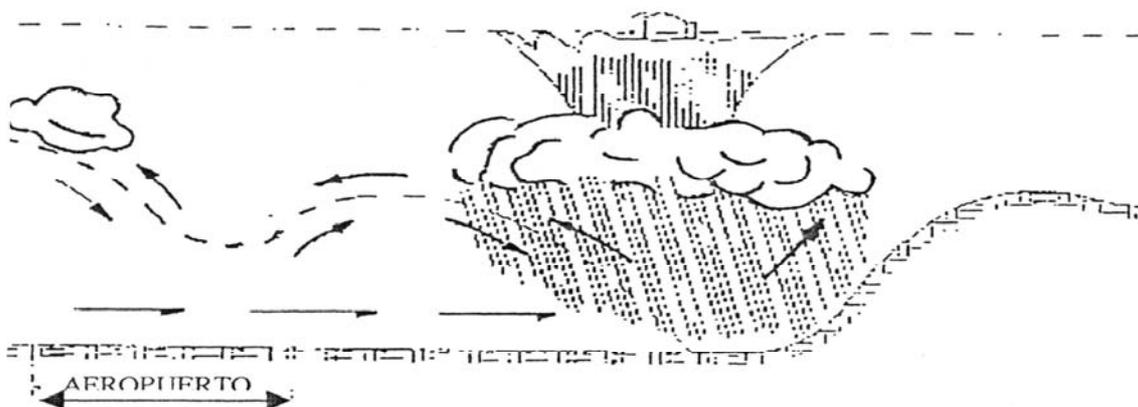


Formación de nieblas en valles estrechos

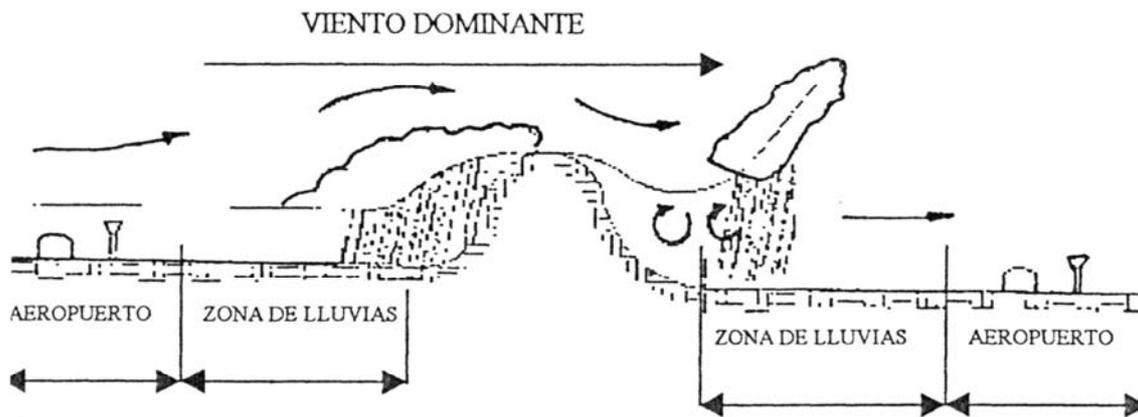


Formación de nubes bajas en mesetas próximas a los valles

El relieve favorece la formación de nubes en aquellos sitios donde existen grandes turbulencias, formándose nieblas en los valles estrechos, donde las corrientes de aire dan lugar a ráfagas ascendentes y descendentes como se muestra en la figura; así como en las mesetas próximas a los valles se presenta el peligro por las aeronaves, por las nubes bajas que existen con mucha frecuencia.



Influencia de las cadenas montañosas en la formación de nubes



Influencia de las cadenas montañosas en el fraccionamiento de un frente frío o caliente

Las cadenas montañosas fijan las nubes a barlovento aun con vientos fuertes, por resultar favorecidas las corrientes ascendentes de aire, ocurriendo lo contrario a sotavento. Cuando estas cadenas fraccionan un fuerte frío ó caliente, se producen mayores lluvias a barlovento.

El estudio de las frecuencias e intensidades de vientos se efectúa por medio del diagrama de vientos, que consta de una rosa de 4, 8, 16 direcciones, en cuyos radios se toman longitudes proporcionales al número de horas en que sopla el viento en dirección del mismo radio, tomando esta de fuera al centro de la rosa. El reporte de estos diagramas puede ser semanal, mensual y anual, siendo estos últimos los que se utilizan para la orientación de las operaciones de acceso directo.

ESTUDIO TOPOGRAFICO

Para poder lograr con éxito la operación topográfica, es necesario contar con los conocimientos adecuados de la topografía y de los materiales a emplear.

Una vez que se ha autorizado el proyecto y se conocen los resultados deseados del estudio topográfico, se debe seguir el siguiente orden:

1. Elección de las exactitudes que se desean.
2. Estudio de control existente.
3. Reconocimiento de la triangulación, itinerario y nivelación, incluyendo la selección de las estaciones y probables puntos de referencia.
4. Elección de instrumentos y métodos.
5. Elección del cálculo y esquema de procedimiento.



La elección de la exactitud del control básico depende de la finalidad del estudio. En general, debe utilizarse para un control básico horizontal y vertical.

POLIGONALES.- Son los elementos de levantamiento topográfico cuya magnitud es la distancia de un punto de origen a un punto final. Estas se clasifican en cerradas y abiertas.

Para los levantamientos topográficos de importancia es necesario referir las direcciones de los lados al norte astronómico, que para el caso de un nuevo aeropuerto se debe ligar la poligonal al eje de la pista en diseño. Con lo cual se puede determinar directamente al azimut astronómico ó en su caso particular, el rumbo astronómico calculado.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionado por la acción del hombre o por la naturaleza. Por eso, dentro del desarrollo del proyecto para un aeropuerto, desde su construcción hasta su operación, es necesario prever y poder identificar los diferentes impactos que serán generados tanto en el ámbito ecológico, así como el aspecto socioeconómico.

Para poder evaluar el, o los diferentes impactos ambientales que surgirán en el entorno de las instalaciones, futuras o actuales del aeropuerto, es necesario realizar principalmente dos etapas que son:

PRIMERA ETAPA: Esta es la etapa inicial, se utilizara la identificación de las actividades desde el principio de su proyecto que conllevaran al impacto, así como los diferentes elementos del ambiente que potencialmente puedan ser afectados. Para la realización de este proceso se debe aplicar la matriz de Leopold (1982).

SEGUNDA ETAPA: Esta es la etapa final, es donde se procede a la descripción de cada uno de los impactos detectados, de forma que sean reconocibles sus características. Este proceso se lleva a cabo manteniendo constante un elemento del ambiente en particular y variando la etapa del proyecto, obteniéndose el comportamiento respecto al tiempo.

Es evidente que no todos los impactos presentan la misma importancia o significancia, en consecuencia se requerirá seleccionar aquellas acciones del proyecto que representan los aspectos más adversos ó benéficos, para el entorno del aeropuerto.

Medidas de prevención y mitigación de los impactos identificados.

Para el caso de la etapa de selección del sitio, así como en la de la construcción de las instalaciones del aeropuerto, las actividades del despalme, desmonte y la explotación de los bancos de materiales; afectarán la flora y fauna nativa del lugar, para el primer caso se podrá perder las especies



vegetales existentes, así como la cubierta vegetal de dicha zona siendo en la mayoría de los casos irreversible esta situación, sin embargo, una vez concluidas todas las actividades de construcción es necesario realizar la siembra de vegetación nativa del área para lograr una adaptación eficiente y rápida; para el segundo caso, la fauna nativa del lugar por las características propias de dichas actividades ya que al perder su hábitat tienen que emigrar a otros lugares quedando solo fauna del tipo oportunista la cual deberá ser controlada por la autoridades correspondientes.

Durante las etapas de preparación del sitio y construcción de las instalaciones del emplazamiento, la erosión provocada por las actividades de desmonte y despilpe no podrán ser prevenidas o mitigadas. Sin embargo, una vez que se concluyan las obras de construcción es necesario realizar una plantación con la vegetación nativa de la zona, esto es con la finalidad de restituir en lo posible el ambiente original.

En lo referente a la calidad del suelo, este elemento no podrá ser recuperado, hasta que no hayan concluido todas las etapas de construcción. Para mitigar en lo posible esta afectación, será necesario reafirmar la necesidad de plantar especies vegetales en las zonas que así sea posible, y sobre todo con aquellas cuya capacidad de adaptación sea rápida (especies nativas).

El agua superficial será beneficiada siempre y cuando existan drenes adecuados para ello, tal como las bocas de tormentas ubicadas estratégicamente, principalmente en las calles de rodaje, de acceso y plataformas; asimismo, si se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, su calidad será significativa.

La economía de la región será beneficiada por la puesta en marcha del proyecto, tanto por la construcción y la operación del nuevo emplazamiento, así como por el arribo continuo de visitantes provenientes de otros lugares, generando una derrama económica, con lo que su estilo y calidad de vida de los habitantes de la región será beneficiada.

Para evaluar el impacto ambiental por ruido producto de las aeronaves, existen diversas normas y métodos recomendados internacionalmente contenidos en el anexo 16 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Sin embargo, los métodos en general consideran la altura del lugar y la temperatura, el número de despegues y aterrizajes en un día respectivo, el tipo de aeronaves incluyendo el tipo de aviones incluyendo el número, la clase, el peso y la potencia de los motores para el despegue, entre otros factores.



V

SISTEMAS DEL AEROPUERTO



5.1 ESPACIOS AÉREOS

SISTEMA AÉREO.

Comprende los espacios aéreos del aeropuerto y los espacios aéreos en ruta. El conocer el sistema aéreo, nos permitirá resolver los diferentes problemas desde el punto operacional del aeropuerto ya que contempla la definición del espacio aéreo libre de obstáculos y la introducción de restricciones con respecto a las distancias disponibles para el despegue y aterrizaje así como la gama de condiciones meteorológicas bajo las cuales pueden realizarse dichas maniobras.

Con el fin de definir el espacio aéreo que debe mantenerse libre de obstáculos alrededor de los aeródromos, para que puedan realizarse con seguridad las operaciones aeronáuticas, se han establecido una serie de superficies limitadoras de obstáculos en relación con cada una de las pistas.

Estos requerimientos se encuentran reglamentados por la Organización Aeronáutica Civil Internacional (OACI), así como por la Administración Federal de Aviación (FAA), de manera que cualquier objeto que sobresalga por encima de estas superficies, se considera un obstáculo para la navegación aérea. Es importante al planificar un aeropuerto el ponerse en contacto con la autoridad apropiada para analizar las posibles soluciones a los problemas del espacio aéreo.

ESPACIOS AÉREOS SEGÚN LA OACI

La forma y dimensiones de estas superficies, dependerá del tipo de operaciones que se efectúan en el aeropuerto que son, visuales o por instrumentos. Estas áreas pueden ser:

1. Superficie horizontal interna.

La finalidad de esta superficie es la de proteger el espacio aéreo para el circuito visual dentro del cual la aeronave debe volar antes de aterrizar. En ciertos casos, algunos sectores del circuito visual no serán recomendables para las operaciones de aeronaves y entonces se establecen procedimientos para conseguir que las aeronaves no vuelen en tales sectores, por lo que no será necesario extender a estos la protección proporcionada por la superficie horizontal interna. Las autoridades competentes proporcionan guías para la navegación, con las cuales se logra que las aeronaves sigan trayectorias definidas de aproximación a la pista y de aproximación frustrada en caso de un accidente.

La protección del circuito visual para las aeronaves lentas que utilizan pistas cortas puede lograrse mediante una superficie horizontal interna circular, mientras que al aumentar la velocidad de la aeronave esta superficie adopta una configuración de “hipódromo” debido a que utiliza arcos circulares con centro en los extremos de las pistas, unidos por rectas tangentes como se puede observar en la figura I.

Superficie Cónica.

Esta superficie que se extiende hacia fuera y hacia arriba, extendiéndose desde la periferia de la superficie horizontal interna con pendiente del 5%, con un borde superior situado a una altura determinada sobre la superficie horizontal interna de acuerdo a la clave de referencia del aeródromo que se tenga como se puede apreciar en la figura I y en la tabla I.

2. Superficie de Aproximación y de Transición.

Estas superficies definen la parte del espacio aéreo que deberá mantenerse libre de obstáculos para proteger a los aviones durante la fase final de la maniobra de aproximación en el aterrizaje. Las pendientes y dimensiones de estas superficies variarán dependiendo de la clave de referencia del aeródromo y si las aproximaciones visuales serán de precisión ó de otro tipo, figura I, tabla I.

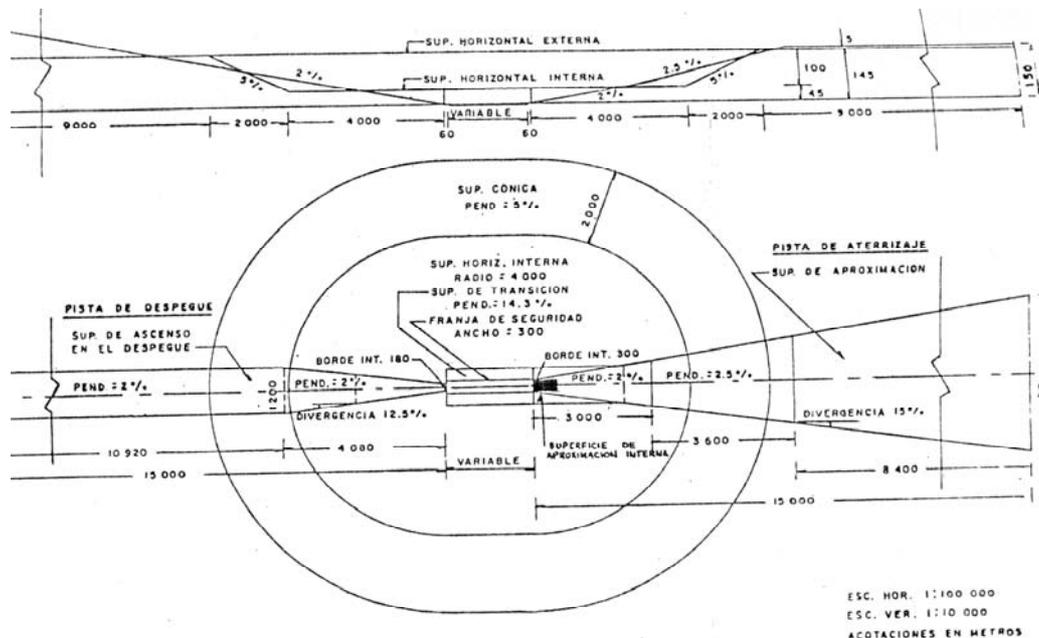


FIG. I DIMENSIONES Y PENDIENTES DE LAS SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS
PISTA DE ATERRIZAJE POR INSTRUMENTOS
Y PISTA PRINCIPAL DE DESPEGUE, CLAVES 3 Y 4



3. Superficies de Aproximación Interna, de Transición Interna y de Aterrizaje Interrumpido.

En su conjunto, estas superficies ocupan el espacio aéreo en la vecindad inmediata de las pistas para aproximaciones de precisión, conocida como zona despejada de obstáculos. Esta zona se mantendrá libre de objetos fijos, así como de elementos como son las ayudas a la navegación aérea las cuales deben encontrarse cerca de la pista para llevar a cabo su cometido, y de objetos transitorios figura II, y tabla I.

4. Superficie de Ascenso en el Despegue.

Esta superficie proporciona protección a las aeronaves durante el despegue, figura I indicando que obstáculos deberán eliminarse, (si ello es posible), señalarse o iluminarse. Las dimensiones y pendientes también varían dependiendo de las características del aeródromo, como se puede ver en la tabla II.

Superficies y dimensiones ^a	Clasificación de las pistas									
	Aproximación visual				Aproximación que no sea de precisión				Aproximación de precisión	
	Número de clave				Número de clave				Número de clave	
	1	2	3	4	1,2	3	4	1,2	3,4	3,4
CONICA										
Pendiente	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m
HORIZONTAL INTERNA										
Altura	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Radio	2000 m	2500 m	4000 m	4000 m	3500 m	4000 m	4000 m	3500 m	4000 m	4000 m
APROXIMACION INTERNA										
Anchura	-	-	-	-	-	-	-	90 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	60 m	60 m	60 m
Longitud	-	-	-	-	-	-	-	900 m	900 m	900 m
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	2.5%	2%	2%
APROXIMACION										
Longitud del borde interior	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m
Distancia desde el umbral	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Primera sección										
Longitud	1600 m	2500 m	3000 m	3000 m	2500 m	3000 m	3000 m	3000 m	3000 m	3000 m
Pendiente	5%	4%	3.33%	2.5%	3.33%	2%	2%	2.5%	2%	2%
Segunda sección										
Longitud	-	-	-	-	-	3600 m ^b	3600 m ^b	12000 m	3600 m ^b	3600 m ^b
Pendiente	-	-	-	-	-	2.5%	2.5%	3%	2.5%	2.5%
Sección horizontal										
Longitud	-	-	-	-	-	8400 m ^b	8400 m ^b	-	8400 m ^b	8400 m ^b
Longitud total	-	-	-	-	-	15000 m	15000 m	15000 m	15000 m	15000 m
DE TRANSICION										
Pendiente	20%	20%	14.3%	14.3%	20%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%
DE TRANSICION INTERNA										
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	40%	33.3%	33.3%
SUPERFICIE DE ATERRIZAJE INTERRUPTO										
Longitud del borde interior	-	-	-	-	-	-	-	90 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	4	1800 m ^c	1800 m ^c
Divergencia (a cada lado)	-	-	-	-	-	-	-	10%	10%	10%
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	4%	3.33%	3.33%

a. Salvo indicación contraria, todas las dimensiones se miden horizontalmente
b. Longitud variable
c. O distancia hasta el extremo de pista, si esta distancia es menor
d. Distancia hasta el extremo de la franja

TABLA I. DIMENSIONES Y PENDIENTES DE LA SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTACULOS.



Superficie y dimensiones	Número de clave			
	1	2	3	4
(1)	(2)	(3)	(4)	
DE ASCENSO EN EL DESPEGUE				
Longitud del borde interior:	60 m	80 m	180 m	
Distancia desde el extremo de la pista	30 m	60 m	60 m	
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	12.5%	
Anchura final	1600 m	580 m	1200 m	
			1800 m	
Longitud	1600 m	2500 m	15000 m	
Pendiente	5%	4%	2%	

TABLA II. DIMENSIONES Y PENDIENTES DE LAS SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS PARA PISTAS DE DESPEGUE

5. Superficie Horizontal Externa.

A criterio de la Autoridad Aeronáutica, se establecerá una superficie horizontal externa, en aquellos aeropuertos, que debido al tipo de operaciones que en los mismos se realicen, requieran una limitación y señalamiento de obstáculos más allá de lo anteriormente especificado, para garantizar la seguridad de las operaciones aéreas; asimismo, se limitaran los obstáculos que se localicen dentro de las trayectorias operacionales, que afecten el funcionamiento de las radioayudas. Dicha superficie se extiende a un radio de 10 millas náuticas del aeropuerto y tiene una altura de 150 m sobre el nivel de este, hacia fuera de la superficie cónica, figura I.

Las dimensiones y pendientes de estas superficies se encuentran en la tabla I.

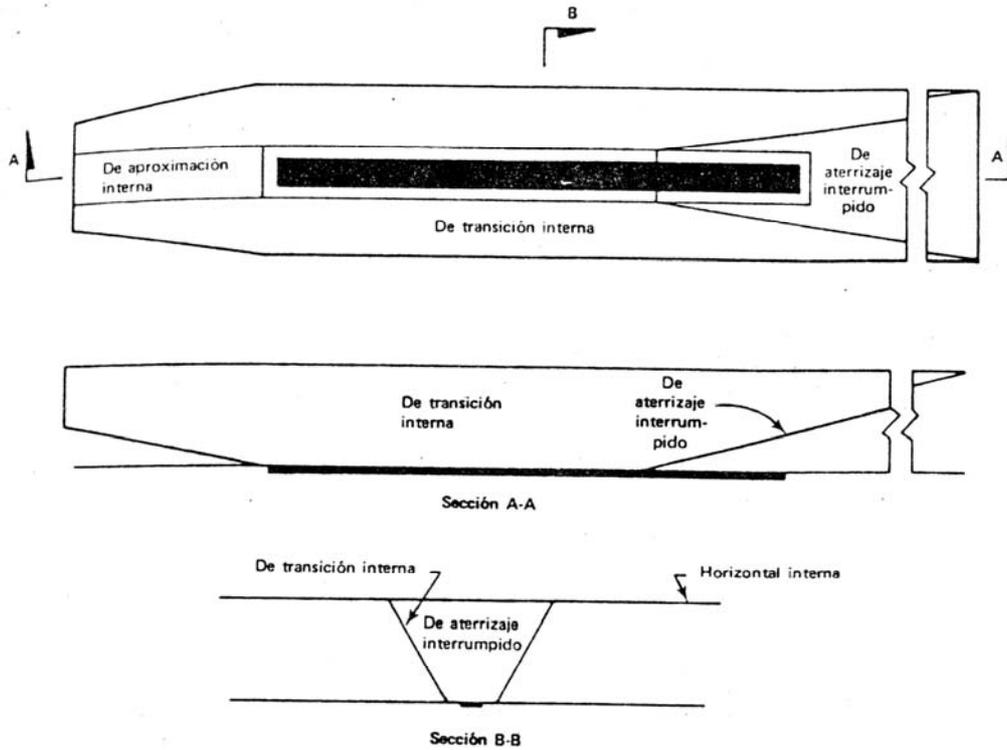


FIGURA II. SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTACULOS DE APROXIMACION INTERNA, DE TRANSICION INTERNA Y DE ATERRIZAJE INTERRUMPIDO



5.2 PROYECTO GEOMÉTRICO

El proyecto geométrico consiste en el dimensionamiento de cada uno de los elementos operativos con que cuenta el aeropuerto dependiendo de su clasificación y categoría. Por lo tanto, es necesario hacer consideraciones en cuanto al trazado del aeropuerto, a fin de obtener una estructura que pueda incluir las instalaciones principales requeridas, e incluso prever su ampliación.

Los planes para aeropuertos deberán limitarse a la fase óptima de desarrollo con el fin de que no se incurra en grandes gastos adicionales sin obtener ventajas comparables. Sin embargo el proyecto debe prever el desarrollo hasta el límite práctico de la capacidad de cada uno de los elementos emplazados en el aeropuerto.

Debido a las grandes extensiones de terreno que se requieren y a su relación con los grandes espacios aéreos necesarios para las operaciones de las aeronaves, las pistas y las calles de rodaje relacionadas entre si, son el punto de partida para obtener un resultado óptimo en el proyecto geométrico del aeropuerto; también tomando en cuenta la relación con los otros elementos principales de operación, tales como la zona de pasajeros y carga, plataforma de operaciones y avionetas y servicios de tránsito aéreo, con el objeto que el proyecto ofrezca la máxima eficacia general.

CONSIDERACIONES BASICAS

De acuerdo a lo descrito anteriormente, el proyecto geométrico debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. El aterrizaje, despegue y rodaje interior debe hacerse independientemente y sin interferencias.
2. Las distancias de rodaje deben ser lo mas cortas posible, desde la plataforma al extremo de las pistas o salidas de alta velocidad según sea el caso.
3. La longitud de la pista debe ser adecuada en seguridad y funcionamiento.
4. La torre de control deberá tener visibilidad óptima.
5. Eficiencia en las maniobras de ascenso y descenso de pasajeros, así como de carga.
6. El proyecto deberá de prever la capacidad equilibrada de tráfico aéreo y de terrenos adyacentes para futuras ampliaciones.
7. Tanto el costo de construcción, como el costo de operación y mantenimiento deberán minimizarse.



INFORMACIÓN QUE INTERVIENE EN EL PROYECTO GEOMÉTRICO

Una vez realizados todos los estudios que dieron pauta a la localización del aeropuerto y de haber obtenido los resultados requeridos; para el proyecto geométrico debe de contarse con la siguiente información que es definitiva para el proyecto del aeropuerto:

- a) Dimensión del terreno y elementos que constituyen el aeropuerto.
- b) Orientación.
- c) Topografía.
- d) Limite.

Para el análisis de la longitud de pista, en función de las condiciones donde se encuentra localizado el aeropuerto, se tienen que tomar en cuenta los siguientes factores:

- a) Altitud.
- b) Temperatura
- c) Pendiente
- d) Viento
- e) Humedad

Este conjunto de factores es considerado para establecer el criterio conocido como el de la longitud básica de pista. Esta longitud es la requerida al nivel del mar, con una temperatura a 15° C, 1013.2 milibares de presión atmosférica y el avión tiene su peso máximo al despegue.

De los factores anteriores, la altitud y la pendiente son fijos en cada aeropuerto, pero el viento, temperatura y humedad varían de acuerdo a las estaciones del año, por lo que se tiene que llevar un proceso estadístico para tomar los valores adecuados y que el aeropuerto funciones eficientemente.

Una vez tomado en cuenta las consideraciones y la información que intervienen en el proyecto geométrico es indispensable determinar con estos los diferentes aspectos y las especificaciones a considerar dentro de este.

El alineamiento horizontal consiste en determinar las intersecciones en las zonas de cruces de pista, cruces de pista con rodajes, o bien, uniones de pista con rodajes, las cuales deben tener ciertas consideraciones, debido a que existen cambios de pendiente en estas zonas, se deben realizar gradualmente, con el objeto de evitar depresiones o topes que hagan peligrosas las operaciones de las aeronaves y ocasionen molestias a los pasajeros.



También dentro del proyecto geométrico deben elaborarse planos de perfil longitudinal de la rasante con cantidades de obra y movimiento de materiales. En esta etapa, se deben dibujar las secciones transversales de construcción de la pista, rodajes, plataformas y caminos de acceso, con el objeto de encontrar las áreas de corte o terraplén en cada sección.

En cuanto al proyecto vertical, este consiste en determinar el alineamiento de la rasante del eje de la pista, rodajes, plataformas y caminos de acceso, el cual debe ajustarse a ciertas normas referentes a pendientes longitudinales.

Las pendientes longitudinales recomendadas varían según el tipo de elementos operativos que se traten.

En el anexo 14 de la OACI señala algunas recomendaciones en cuanto al proyecto geométrico de pistas, rodajes y plataformas, basados en la clase de referencia del aeropuerto.

El propósito de la clave de referencia es proporcionar un método simple de relacionar entre sí las numerosas especificaciones concernientes a las características de los aeropuertos, a fin de suministrar una serie de instalaciones aeroportuarias que convengan a los aviones destinados a operar en el aeropuerto. La clave está compuesta de dos elementos que se relacionan con las características y dimensiones del avión. El elemento 1 es un número basado en la longitud de campo de referencia del avión y el elemento 2 es una letra basada en la envergadura del avión y en la anchura exterior entre las ruedas del tren de aterrizaje principal.

Esta referencia se presenta porque en base a ella se especifican muchas de las características del aeródromo, según la OACI.

ELEMENTO 1

NÚMERO DE CLAVE	LONGITUD DE CAMPO DE REFERENCIA DEL AVIÓN
1	Menor de 800 m
2	800 m – 1200 m
3	1200 m – 1800 m
4	Mayor de 1800 m



ELEMENTO 2

LETRA DE CLAVE	ENVERGADURA	ANCHO EXTERIOR ENTRE RUEDAS DE TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL
A	Menor de 15 m	Menor de 4.5 m
B	15 m – 24 m	4.5 m – 6.0 m
C	24 m – 36 m	6.0 m – 9.0 m
D	36 m – 52 m	9.0 m – 14.0 m
E	52 m – 60 m	9.0 m – 14.0 m

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS PISTAS

De acuerdo a la referencia anterior, se señalan las características principales de los elementos que conforman las Pistas, Calles de Rodaje, Plataformas.

a) Anchura de Pistas

La anchura de toda pista no deberá ser menor de la dimensión apropiada especificada en la siguiente tabla:

CLAVE DE REFERENCIA

NUMERO DE CLAVE	A	B	C	D	E
1*	18 m	18 m	23 m	-	-
2*	23 m	23 m	30 m	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m

*. La anchura de toda pista de aproximación de precisión no deberá ser menor de 30 m, cuando el número de clave sea 1 ó 2.



b) Separación Entre Pistas Paralelas

Donde se dispongan de pistas paralelas para uso simultaneo en condiciones meteorológicas de vuelo visual, la distancia mínima entre sus respectivos ejes deberá ser:

200 m. Para clave 3 y 4

150 m. Para clave 2.

120 m. Para clave 1.

c) 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 esta, no debe exceder de:

1% En clave 3 y 4

2% En clave 1 ó 2

d) Pendientes Transversales

Para facilitar la evacuación del agua, la superficie de la pista, en la medida de lo posible, deberá ser convexa, y las pendientes transversales deberán ser simétricas a ambos lados del eje de la pista; y en ningún caso debe ser mayor de 1.5 %, ni inferior de 1 %. Se recomienda sea igual a:

1.5 % En letra de clave C, D ó E

2.0 % En letra de clave A ó B

e) Resistencia y Superficie de Pista

La resistencia de la pista debe ser tal que debe soportar el transito de los aviones para los que este prevista. La superficie debe ser construida si irregularidades que den como resultado la perdida de la eficacia del frenado, o afectar adversamente de cualquier otra forma el despegue y el aterrizaje de un avión, a causa de los rebotes, cabeceo o vibración excesiva, u otras dificultades en el manejo del avión. También la pista pavimentada se construirá de modo que proporciones buenas características de rozamiento cuando la pista esté mojada.



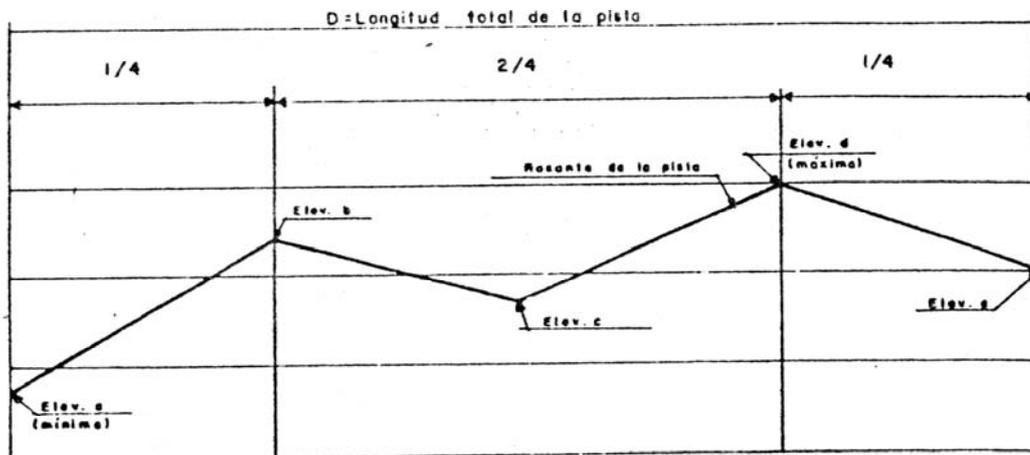
MARGENES DE PISTA

Los márgenes de pista deberán extenderse simétricamente a ambos lados de la pista de modo que la anchura total de esta y sus márgenes no sea inferior a 60 m, su pendiente transversal no debe excederse del 2.5%, y debe prepararse o construirse de manera que puedan soportar el peso de un avión que se saliera de la pista, sin que este sufra daños, y soportar los vehículos terrestres que pudieran operar sobre el margen.

FRANJAS DE SEGURIDAD

Dentro de la franja de pista estará comprendida la pista y cualquier otra zona asociada de parada, y deberá extenderse antes del umbral y mas allá del extremo de la pista una distancia no menor de 30 m para vuelo visual y de 60 m para vuelo por instrumentos.

Deberá extenderse lateralmente a cada lado del eje de la pista y de la franja 150 m para número de clave 3 ó 4, y 75 m para número de clave 1 ó 2. Deben contar con una resistencia tal que puedan reducir al mínimo los peligros provenientes de la diferencia de las cargas admisibles, respecto a los aviones para la que esta prevista, en el caso de que un avión se salga de la misma.



PENDIENTE GENERAL

$$\frac{d-a}{D} \leq 1\% \text{ para pistas de clave de referencia de aeródromo E, D y C} \quad \frac{d-a}{D} \leq 2\% \text{ para pistas de clave de referencia de aeródromo A y B}$$

PENDIENTES PARCIALES LONGITUDINALES

1.25 % máximo para pistas de claves E y D

1.50 % máximo para pistas clave C

2.00 % máximo para pistas de claves B y A

Para pistas de claves E, D y C la pendiente longitudinal no deberá ser mayor de 0.8% en el primer y último cuarto de su longitud.

PENDIENTES PARCIALES LONGITUDINALES



AREAS DE SEGURIDAD

Deberá preverse un área de seguridad de extremo de pista en cada extremo de una franja de pista. El área de seguridad de extremo de pista deberá extenderse desde el extremo de una franja de pista hasta la mayor distancia posible, de por lo menos hasta 90 m, y el ancho debe ser por lo menos el doble de la anchura de la pista correspondiente. Debe construirse de modo que reduzca el riesgo de daño que pueda correr el avión que efectúa un aterrizaje demasiado corto o que salga del extremo de la pista, y facilite el movimiento de los vehículos de salvamento y extinción de incendios.

ZONA LIBRE DE OBSTACULOS

El origen de la zona libre de obstáculos deberá estar en el extremo del recorrido de despegue disponible. Su longitud no deberá exceder de la mitad de la longitud del recorrido de despegue disponible, y debe extenderse lateralmente hasta una distancia de 75 m por lo menos, a cada lado de la prolongación del eje de la pista.

ZONA DE PARADAS

La zona de parada tendrá la misma anchura que la pista con la cual este asociada y deben prepararse de tal manera que, en caso de un despegue interrumpido, puedan soportar el peso de los aviones para los que están previstas, sin ocasionar daños estructurales a los mismos.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CALLES DE RODAJE

Los criterios para calcular las calles de rodaje son menos estrictos que los relativos a las pistas, ya que las velocidades de las aeronaves en las calles de rodaje son mucho menores que en las pistas. Debe hacerse hincapié en que con respecto al margen de separación entre la rueda principal exterior de la aeronave y el borde de la calle de rodaje, se considera que el puesto de pilotaje de la aeronave continúa sobre la señal de eje de calle de rodaje; ya que en base a esto se referencian algunas especificaciones de las calles de rodaje.

A continuación se mencionan algunas especificaciones.

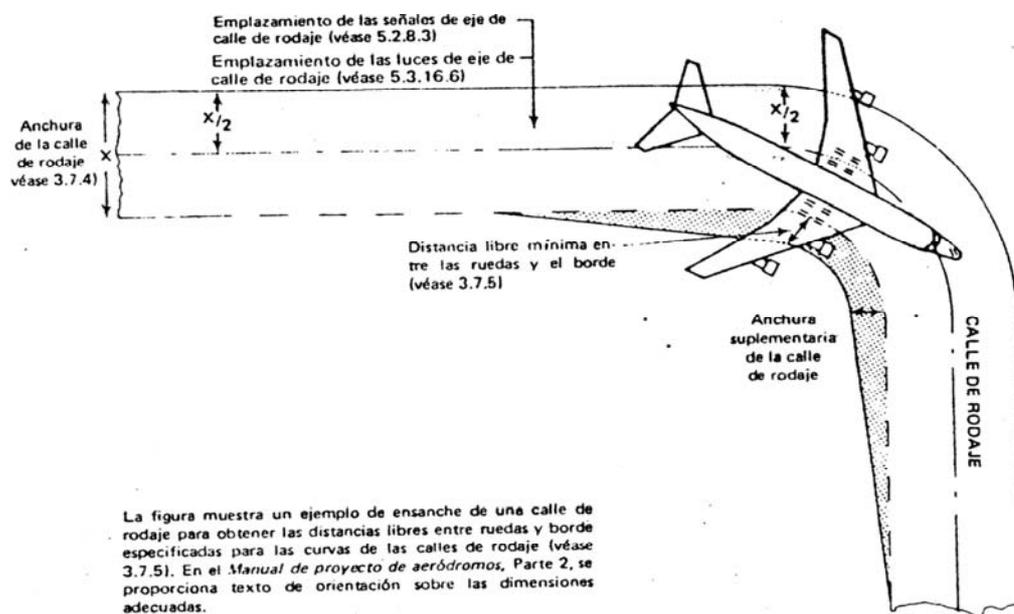
a) Ancho

El ancho de las calles de rodaje depende de la categoría de la pista asociada, es decir, en realidad, de los aviones que las utilizan. El ancho en la parte rectilínea debe ser de:

7.5 m	Para letra de clave A.
10.5 m	Para letra de clave B.
15.0 m	Para letra de clave C.
23.0 m	Para letra de clave D y E.

Un ancho suplementario será creado para los virajes cuando el tren interior del avión (con respecto al viraje), cuya rueda de nariz sigue al eje teórico de la calle de rodaje, corre el riesgo de pasar a una distancia inferior a 4.5 m del borde de revestimiento.

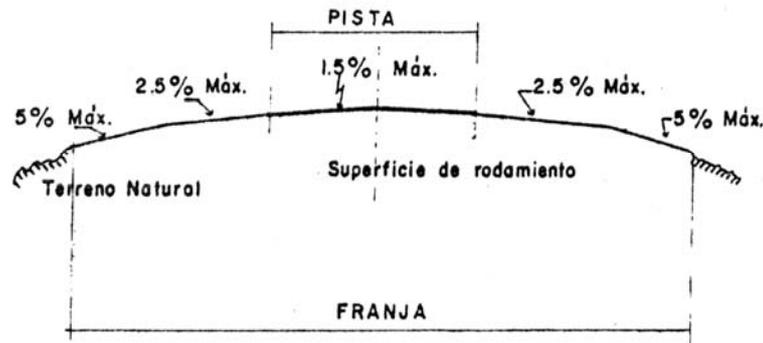
En la figura siguiente se muestra una forma de ensanchar las calles de rodaje, para obtener la distancia libre entre rueda interior y borde especificada.



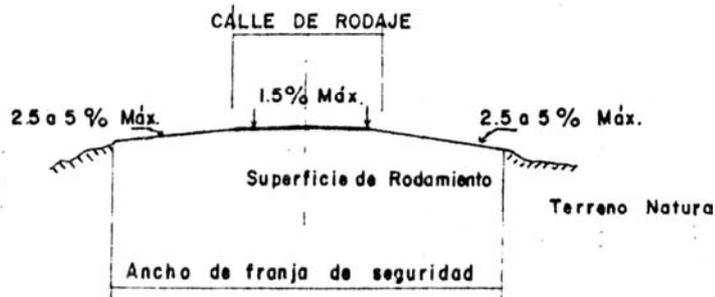
ENSANCHE DE UNA CALLE DE RODAJE

b) Curvas en las calles de rodaje

Los cambios de dirección de las calles de rodaje no deberán ser numerosos ni pronunciados, en la medida de lo posible, y deben ser compatibles con la capacidad de la maniobra las velocidades de rodaje normales de las aeronaves para las que dicha calle esta prevista. Para lo cual el manual del proyecto de aeródromos parte 2, provee los distintos radios de curvatura que se pueden utilizar basándose en la velocidad de maniobra.



SECCION TRANSVERSAL DE PISTA



SECCION TRANSVERSAL DE UNA CALLE DE RODAJE

NOTA: Los porcentajes se refieren a secciones transversales.

c) Uniones e intersecciones.

Con el fin de facilitar el movimiento de los aviones, deberán proveerse superficies de enlace en las uniones e intersecciones de las calles de rodaje con pistas, plataformas u otras calles de rodaje. El diseño de las superficies de enlace deberá asegurar que se conserven las distancias mínimas libres entre ruedas y borde de la calle de rodaje.

d) Pendientes longitudinales.

La pendiente longitudinal de una calle de rodaje no debe exceder de 1.5 %, cuando la letra de la clave sea C, D o E, y 3 % cuando la letra de la clave sea A ó B.

Cando existan cambios en la pendiente longitudinal, debe considerarse la transición de una pendiente a otra sin exceder de los limites de curvatura especificados, así como la distancia visible mínima.



e) Pendientes transversales.

Las pendientes transversales de una calles de rodaje deberán ser suficientes para impedir la acumulación de agua en la superficie, pero no debe exceder del 1.5 % cuando la letra de la clave sea C, D ó E, y 2 % cuando la letra de la clave sea A ó B.

f) Resistencia.

La resistencia de la calle de rodaje deberá ser por lo menos igual a la de la pista servida, teniendo en cuenta que una calle de rodaje estará sometida a mayor intensidad de tránsito y mayores esfuerzos que la pista servida, como resultado del movimiento lento o situación estacionaria de los aviones.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS PLATAFORMAS

a) Resistencia.

Toda parte de la plataforma deberá soportar el tránsito de las aeronaves que hayan de utilizarla, teniendo en cuenta que algunas porciones de la plataforma estarán sometidas a mayor intensidad de tránsito y mayores esfuerzos que la pista como resultado del movimiento lento o situación estacionaria de los aviones.

b) Pendientes

Las pendientes de una plataforma, comprendidas las de una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves, deberán ser suficientes para impedir la acumulación de agua en la superficie, pero sus valores deberán mantenerse lo mas bajos que permitan los requisitos de drenaje, se recomienda no deben exceder del 1%.

Las pendientes para drenaje deben proyectarse de modo que el combustible derramado se encause en sentido contrario a los edificios y zonas de servicio en la plataforma. Con el objeto de acomodar las necesidades relativas a drenaje, maniobrabilidad y aprovisionamiento de combustible, estas pendientes no deben superar el orden de 1%, antes señalado.

c) Chorro de gases de los reactores y torbellino de hélices

Se deben tener en cuenta los efectos del calor extremo y las velocidades del aire del corro de los reactores y de los motores provistos de hélice. En algunos aeropuertos es necesario proporcionar separaciones entre aeronaves o instalar barreras protectoras contra el chorro de gases de los reactores entre los espacios de estacionamiento.



DIMENSIONAMIENTO DE LAS PLATAFORMAS

Para el trazado de una plataforma, se necesita un espacio el cual depende de los siguientes factores:

a) Dimensionamiento y maniobrabilidad de las aeronaves

Antes de emprender un proyecto de plataforma, convendría saber la dimensión y maniobrabilidad de la combinación de aeronaves que se prevé habrán de utilizar dicha plataforma.

b) Volumen de tránsito

El número de los lugares de estacionamiento necesarios para cualquier tipo de plataforma, puede determinarse a partir de los pronósticos realizados durante la planeación del aeropuerto dado, para cada una de las etapas del plan maestro.

c) Márgenes de separación en las plataformas

Un lugar de estacionamiento de aeronaves deberá proporcionar los siguientes márgenes de mínimos de separación entre aeronaves y edificio terminal.

LETRA DE CLAVE	MARGEN EN m
A	3.0
B	3.0
C	4.5
D	7.5
E	7.5

Cuando las letras de clave sean D y E, estos márgenes pueden únicamente en el caso de las aeronaves que ejecuten las maniobras de salida ser empujadas con tractor.

d) Modalidad de entrada y salida de la plataforma de estacionamiento de aeronaves.

Los diversos métodos de entrada y salida del lugar de estacionamiento de aeronaves se puede clasificar, ya sea como de maniobras autónoma o con ayuda de un tractor para considerar en cuanto a las dimensiones de las plataformas.



- Maniobra Autónoma.

Esta expresión indica que una aeronave entra y sale del lugar de estacionamiento, sirviéndose de su propio impulso, necesitando una superficie para realizar la maniobra y formando un ángulo con el edificio terminal. La dimensión absoluta de esta zona depende del máximo ángulo de deflexión que puede alcanzarse durante las maniobras de entrada y salida. La maniobra normal de entrada y salida rodando de un lugar de estacionamiento de aeronaves junto al edificio terminal, supone la ejecución de un viraje de 180°.

- Remolque con Tractor.

Es un método de entrada que requiere la utilización de un tractor con barra de aterrizaje. El empleo de tractores permite un espaciado más compacto en los lugares de estacionamiento de aeronaves, con los que se reduce tanto el espacio para la plataforma, como el de la terminal que se necesita para atender un elevado volumen de estacionamiento de aeronaves en la terminal.

- Espacio entre lugares de estacionamiento

Para calcular la distancia entre los lugares de estacionamiento de aeronaves requerida, se han preparado formulas en varios casos. El caso mas sencillo es el de la aeronave que llega a estacionarse perpendicularmente al edificio terminal y sale directamente empujada hacia atrás.

Como se muestra en la figura, la separación mínima de lugares (D) es simplemente igual a la envergadura (S) más la distancia de separación requerida (C). Teniéndose entonces:

$$D=(S+C)$$

Respecto a otros procedimientos de entrada y salida, en otros ángulos de estacionamiento, la configuración geométrica es más compleja y exige un análisis detallado para determinar la separación entre lugares de estacionamiento. Por ejemplo, la figura (B) muestra la separación entre lugares para un lugar de estacionamiento de aeronaves de maniobra autónoma, que depende del ángulo α que la aeronave pueda fácilmente maniobrar mientras hay otras aeronaves estacionadas en lugares contiguos.

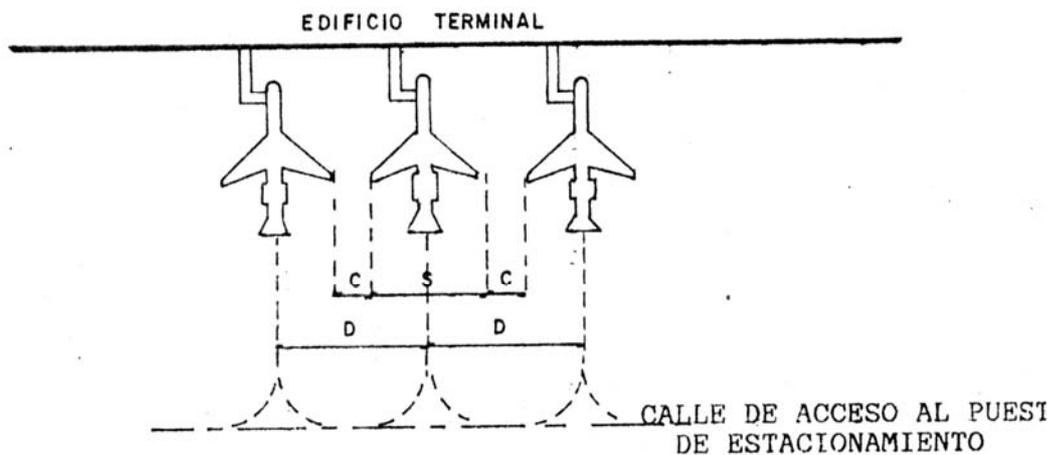
e) Trazado Básico Terminal.

La determinación del tipo de trazado de plataforma de estacionamiento en la terminal más adecuada para satisfacer las necesidades de un determinado aeropuerto, depende de muchos criterios, relacionados entre sí. El proyecto de la plataforma de la terminal, debe ser compatible totalmente con la elección del proyecto de terminal, con el objeto de comparar por separado las ventajas y desventajas de cada sistema analizado. El volumen de transito de aeronaves que utiliza la terminal, es un factor importante para decidir el trazado

de la plataforma que sea más eficaz para satisfacer las exigencias de proyecto para una determinada Terminal.

f) Operaciones de Servicio a las Aeronaves de Tierra.

Las operaciones de servicio a las aeronaves que se llevan a cabo durante el tiempo en que cada aeronave se encuentra estacionada en un lugar de estacionamiento, comprenden: los servicios de inodoro, cocina, manejo de equipajes, abastecimiento de agua potable, aprovisionamiento de combustible, de aire acondicionado, oxígeno, remolque de aeronaves, suministro de energía eléctrica y aire para el arranque. La mayoría de estos servicios se realizan utilizando un vehículo, o bien, valiéndose de algún tipo de instalación fija destinada a estos servicios



**FIG. A METODO DE ENTRADA RODANDO
SALIDA POR EMPUJE SIRVIENDOSE DE TRACTOR**

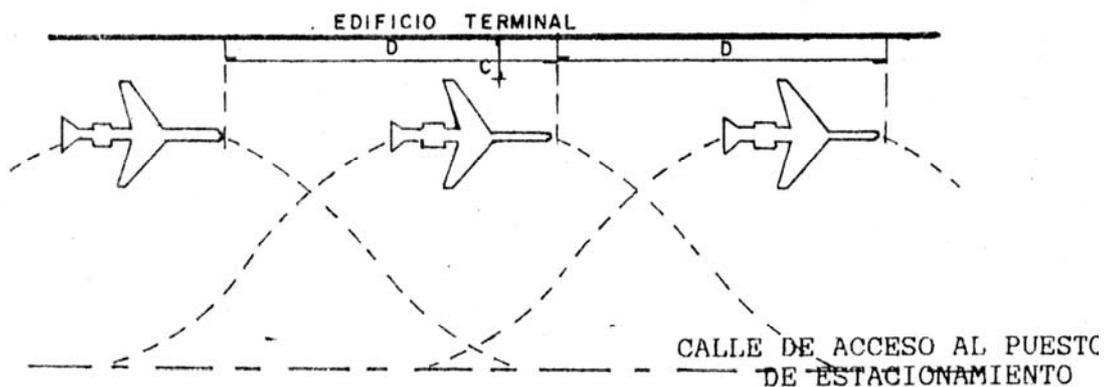


FIG. B METODO DE MANIOBRA AUTONOMA

NIVELACION DEL TERRENO

La superficie de un aeropuerto debe ser relativamente plana, y además que este bien drenada. Existen pocos sitios que proporcionen lo anterior de manera ideal, por ello, es importante una nivelación adecuada.



Tomando en cuenta lo anterior es importante coordinar los planos de nivelación con los de drenaje. Los planos de nivelación consisten en los perfiles de la pista y rodajes en sus ejes, secciones transversales que demuestran las áreas de corte y relleno, y de un mapa topográfico que muestre las curvas de nivel iniciales y finales. Este mapa se convierte en la base del plano del diseño del drenaje.

Las secciones transversales de las pistas y rodajes deben tener pendiente transversal a cada lado del eje, para proporcionar el drenaje de la superficie. Las superficies pavimentadas deben tener pendientes especificadas anteriormente.

Las pendientes diseñadas en forma adecuada pueden proporcionar áreas bajas que pueden usarse para retener temporalmente el escurrimiento de las tormentas, con objeto de tener un sistema de drenaje que sea más económico.

5.3 PISTAS

PISTA

Se denomina pista, o pista de un aeropuerto al área rectangular, despejada, libre de obstáculos preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves. Dentro de estas el eje longitudinal de pista coincide con el eje del área del terreno de las mismas características llamada franja de pista, la cual puede ser pavimentada o no, dentro de la cual se efectúan operaciones aeronáuticas. A los extremos de las pistas se les llama cabeceras y son zonas de 100 a 150 metros en las cuales, generalmente los aviones calientan motores.



Para determinar las características de las pistas y de su equipamiento es necesario conocer ciertos datos tales como:

- Número de movimientos anuales y en hora crítica.
- Repartición y regularidad del servicio aéreo.
- Tipo de avión crítico del aeropuerto.
- Condiciones del viento y visibilidad.
- Condiciones particulares del sitio (relieve, proximidad a ciudades importantes, cursos de agua, etc.) que puedan reducir la implantación de pistas.

Una vez obtenido los datos anteriores es posible determinar las características generales de las pistas, los cuales serán de gran importancia en la determinación de la magnitud del terreno a utilizar, por lo tanto deben examinarse los siguientes factores:

- a) Orientación de pistas.
- b) Número de pistas.
- c) Longitud de pistas.



ORIENTACIÓN DE PISTAS.

Son numerosos los factores que influyen en la determinación de la orientación y el emplazamiento de una pista. Entre ellos podemos mencionar: **El coeficiente de utilización y la superficie limitadora de obstáculos.**

Coeficiente de utilización.

Determinado por la distribución de los vientos, mediante el cual obtendremos la dirección de despegue y aterrizaje de los aviones. La OACI especifica en el anexo 14 que la orientación de las pistas debería ser tal que el coeficiente de utilización no sea inferior al 95% para los aviones que el aeródromo este destinado a servir.

Por regla general, las pistas deben ser orientadas, en la mayor medida posible, en la dirección del viento predominante. Durante el aterrizaje y el despegue, las aeronaves pueden maniobrar siempre y cuando en la pista la componente vertical de viento en ángulo recto a la dirección del movimiento de las aeronaves no sea excesiva, o sea, mayor al que pueda admitir un avión. Por lo que el aterrizaje por viento cruzado es una operación bastante delicada que depende de las características del avión. En consecuencia, debido a la relación entre las características del avión y del aeropuerto la Dirección General de Aeropuertos presenta la siguiente tabla de vientos cruzados admisibles según el tipo de aeropuerto.

CLASE DE AERDROMO	VELOCIDAD MAXIMA
1	5 m/s
2	6 m/s
3	7 m/s
4	9 m/s
5	10 m/s
6	10 m/s
7	10 m/s

La OACI establece los vientos cruzados permisibles en función de la longitud de pista requerida por cierto tipo de avión, para lo cual estipula:

37 km. /h (20 nudos).- Cuando se trata de aeronaves cuya longitud de campo de referencia es de 1500 mts. o más. Excepto cuando se presenten con alguna frecuencia condiciones de eficacia de frenado deficiente en la pista, debido a que el coeficiente de fricción longitudinal es insuficiente, y en cuyo caso deberá suponerse una componente transversal de viento que no exceda de 24 km. /h (13 nudos).

24 km. /h (13 nudos).- Es para el caso de aeronaves cuya longitud de campo de referencia es mayor de 1200 mts. Pero menor a 1500 mts.



19 km. /h (10 nudos).- Es para aeronaves cuya longitud de campo de referencia sea menor de 1200 mts.

El cálculo de coeficiente de utilización debe estar basado en estadísticas confiables de datos de la distribución de los vientos del lugar en estudio, por un periodo no menor de cinco (5) años. Estas observaciones deberán hacerse por lo menos ocho (8) veces al día, en intervalos establecidos.

Para determinar la orientación de la pista y su coeficiente de utilización pueden efectuarse diferentes procedimientos como:

- Rosa de los vientos

ROSA DE LOS VIENTOS.

Para el calculo de la rosa de los vientos se instalan estaciones de tiempo o meteorológicas en el lugar en que se pretende construir el aeropuerto. Si el terreno circundante es bastante llano, los registros de dichas estaciones deberán indicarlas características de los vientos predominantes en el lugar propuesto. No obstante si el terreno es accidentado, la configuración de los vientos viene dada por la topografía, en este caso puede ser útil estudiar la topografía de la región y consultar a los que habitan desde hace tiempo.

Partiendo de los datos obtenidos puede trazarse la rosa de los vientos considerando los siguientes pasos:

- a) Se obtienen los registros meteorológicos. Las lecturas se dividen en: Norte (**N**), Nornordeste (**NNE**), Noreste (**NE**), Estenordeste (**ENE**), Este (**E**), Estesudeste (**ESE**), Sudeste (**SE**), Sursureste (**SSE**), Sur (**S**), Sursuroeste (**SSW**), Suroeste (**SW**), Oestesuroeste (**WSW**), Oeste (**W**), Oestenoroeste (**WNW**), Noroeste (**NW**), y Nornoroeste (**NNW**).
- b) Se clasifican de acuerdo a la velocidad en:
 - Calmas de 0 a 4.8 Km./h
 - Rango I de 4.9 a 24 Km./h
 - Rango II de 24.1 a 48.3 Km./h
 - Rango III mayores de 48.3 Km./h
- c) Teniendo el total de lecturas para cada rango y calmas, se obtiene el porcentaje que representa cada dirección del viento en cada rango, o sea, el porcentaje de tiempo en que predominan vientos de determinada velocidad, procedentes de distintas direcciones. Todos estos datos se vacían en la tabla de porcentajes y en la rosa de los vientos, reducidos para cada dirección.
- d) Con estos resultados se esta en posibilidad de dibujar las graficas de la rosa de los vientos, tanto directos como cruzados, lo cual será útil para normar el criterio respecto a la orientación de las pistas.



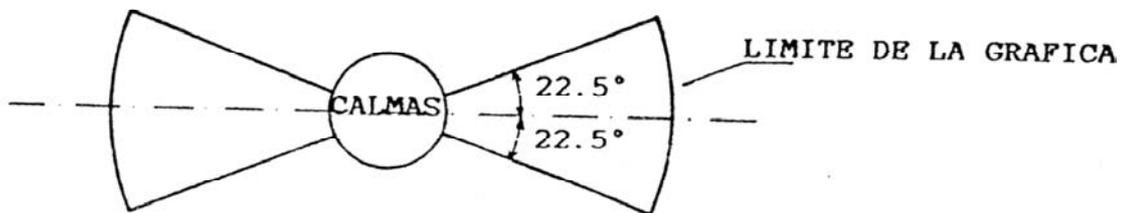
RUMBO	RANGO I			RANGO II			RANGO III		
	NUMERO DE LECTURAS	PORCENTAJE		NUMERO DE LECTURAS	PORCENTAJE		NUMERO DE LECTURAS	PORCENTAJE	
		EXACTO	REDUCID O		EXACTO	REDUCID O		EXACTO	REDUCID O
N									
NNE									
NE									
ENE									
E									
ESE									
SE									
SSE									
S									
SSW									
SW									
WSW									
W									
WNW									
NW									
NNW									
s.									
CALMAS			=						
TOTAL %	PORCENTAJE DE LECTURAS								
	RANGO I + RANGO II + RANGO III + CALMAS						100.00		

CALMAS=
 RANGO I =
 RANGO II =
 RANGO III =
 =
 TOTAL % =

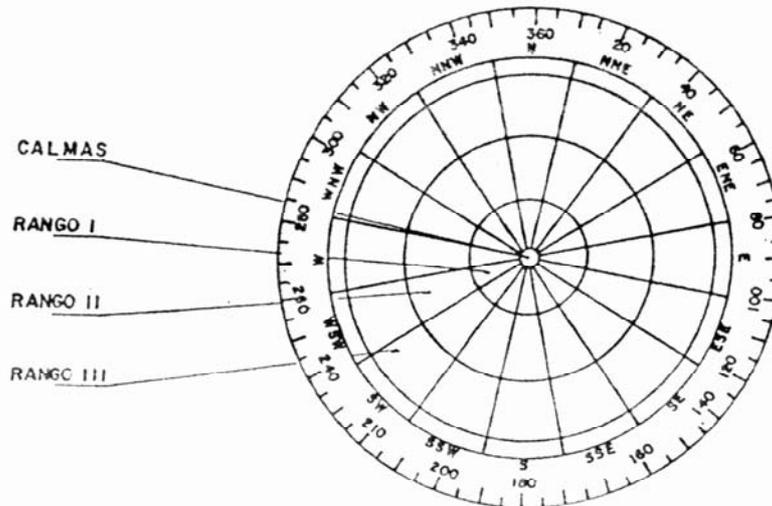
NOTAS: Con un promedio de _____ lecturas diarias

1. Vientos directos

Para elaborar la rosa de los vientos directos se elabora una plantilla en forma de corbata de moño, cuya abertura angular es de 45°, este es el ángulo máximo que el viento puede formar con la trayectoria de vuelos y considerarse aun como viento directo.



La plantilla se elabora a escala, donde el centro representa las calmas.



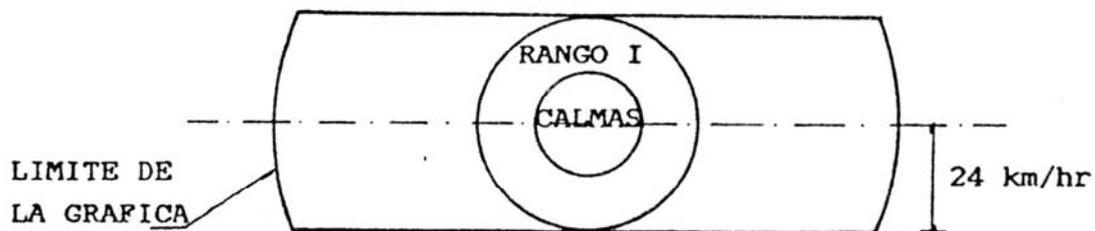
Rosa de los vientos típica.

El análisis se inicia colocando la plantilla encima de la rosa de vientos, de tal manera que la línea central de la franja pase por el centro de la misma. Utilizando el centro de esta como eje de rotación se hace girar la franja transparente hasta que la suma de los porcentajes comprendidos entre líneas exteriores sea un máximo. La plantilla se gira cada 10° , sumándose la parte correspondiente que abarque esta dentro de cada división.

La dirección sobre la cual la suma de los porcentajes bajo la plantilla nos represente un máximo, esta dirección nos indicara hacia donde debe estar orientada la pista principal.

2. Vientos cruzados

Se elabora apartir de la rosa de vientos trazada anteriormente y una plantilla rectangular de ancho igual al doble de la componente transversal del viento permisible, medidas en la misma escala de la rosa de vientos y de la longitud igual al diámetro máximo de la rosa.



Esta se coloca sobre la rosa de vientos, y se analiza que proporción de área cubre cada rumbo y para cada rango, la plantilla se girara a cada 10° . La dirección donde se presente el mayor porcentaje nos indicara si es necesaria o no una pista secundaria.

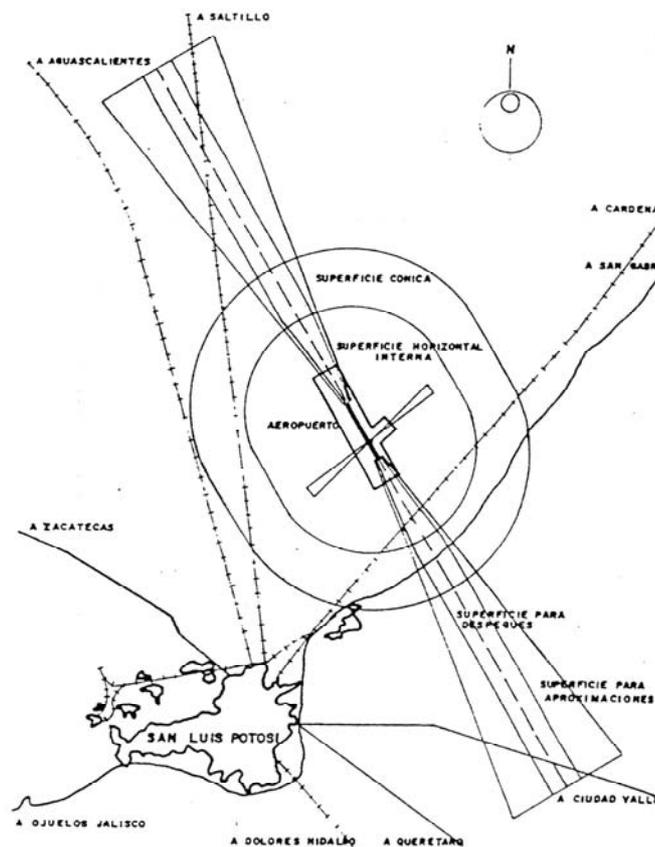
SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTÁCULOS.

Otro de los factores importantes para la orientación de pistas es encontrar una alineación tal que permita se logren llevar a cabo y con seguridad las operaciones de los aviones previstos. En términos generales, las pistas deben estar orientadas de manera que las aeronaves no tengan que pasar sobre zonas pobladas y eviten los obstáculos.

Cualquier objeto que limite las trayectorias de vuelo existentes puede limitar la eficacia de las operaciones. Por lo tanto, es indispensable definir el espacio aéreo que debe mantenerse libre de obstáculos alrededor del aeropuerto para que las operaciones previstas puedan llevarse a cabo con seguridad y evitar que el aeropuerto quede inutilizado por los obstáculos en sus alrededores. Esto se logra mediante una serie de superficies limitadoras de obstáculos que marcan los límites hasta donde los objetos pueden proyectarse en el espacio aéreo. Estas se mencionan a continuación:

a) Superficie Horizontal Externa.

Se establece en aeropuertos en los que debido al tipo de operaciones requieran una limitación más extensa al que puedan proporcionar otras superficies limitadoras. Esta se extiende a un radio de 10 millas náuticas del aeropuerto, teniendo una altura de 145 m sobre el nivel de este.



SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS



b) Superficie Cónica.

Su objeto es el de proteger el espacio aéreo para el circuito visual dentro del cual la aeronave deba volar antes de aterrizar, probablemente después de descender a través de las nubes. Es una superficie de pendiente ascendente y hacia fuera que se extiende desde la periferia de la horizontal interna.

c) Superficie Horizontal Interna.

Tiene como finalidad definir la parte del espacio aéreo en la vecindad inmediata de la pista para aproximaciones de precisión. Se define como la superficie situada en un plano horizontal sobre un aeródromo y sus alrededores. Su altura y límites se medirán desde el punto de referencia que se fije con este fin.

d) Superficie de Transición Interna

Su finalidad es servir a las ayudas a la navegación, las aeronaves y otros vehículos que se hayan dentro de esta. Esta superficie solo admite que sobresalgan de ella objetos frágiles.

e) Superficie de Aterrizaje Interrumpido.

Trabaja conjuntamente con la superficie de aproximación interna y de transición interna. Su finalidad es proteger a las aeronaves en aproximación en caso de una aproximación fallida.

Se representa por un plano inclinado a una distancia especificada después del umbral, que se extiende entre las superficies de transición interna.

Su elevación sobre el borde interior será igual a la del eje de pista en el emplazamiento del borde interior, y su pendiente se medirá en el plano vertical que contenga el eje de la pista.

f) Superficie de Ascenso en el Despegue

Se define como el plano inclinado u otra superficie especificada situada más allá del extremo de una pista o zona libre de obstáculos; sobre la cual deben eliminarse todos los obstáculos que puedan interrumpir el despegue de las aeronaves.

Sus límites serán: un borde interior, horizontal y perpendicular al eje de la pista situado a una distancia especificada más allá del extremo de la zona libre de obstáculos. La elevación será en el borde interior igual a la del punto más alto de la prolongación del eje de la pista entre el extremo de esta y el



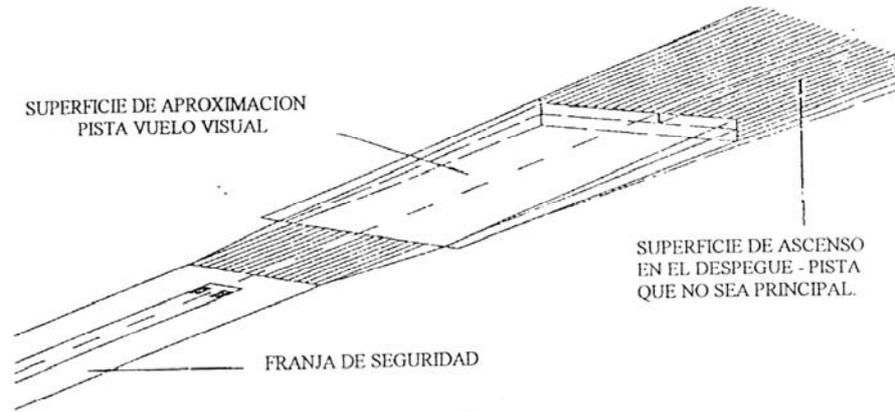
borde interior, o sobre el punto más alto sobre la zona libre de obstáculos cuando esta exista.

En la siguiente tabla se muestra en conjunto, todas las superficies limitadoras de obstáculos y sus dimensiones para las diferentes clasificaciones de pistas.

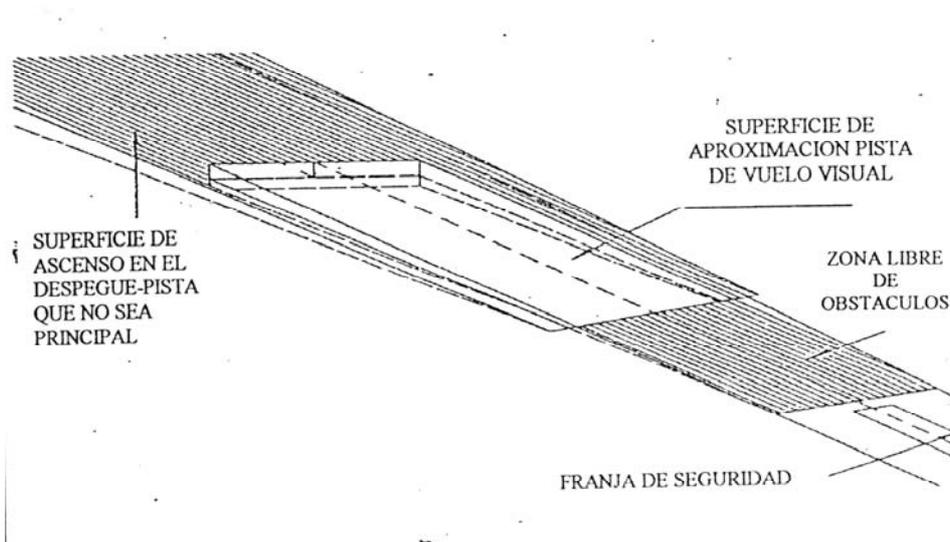
Superficies y dimensiones ^a	Clasificación de las pistas									
	Aproximación visual				Aproximación que no sea de precisión			Aproximación de precisión		
	Número de clave				Número de clave			Categoría I		Categoría II o III
	1	2	3	4	1,2	3	4	1,2	3,4	3,4
CÓNICA										
Pendiente	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Altura	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m
HORIZONTAL INTERNA										
Altura	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Radio	2000 m	2500 m	4000 m	4000 m	3500 m	4000 m	4000 m	3500 m	4000 m	4000 m
APROXIMACIÓN INTERNA										
Anchura	-	-	-	-	-	-	-	90 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	60 m	60 m	60 m
Longitud	-	-	-	-	-	-	-	900 m	900 m	900 m
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	2.5%	2%	2%
APROXIMACIÓN										
Longitud del borde interior	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	300 m	300 m
Distancia desde el umbral	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergencia (a cada lado)	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Primera sección										
Longitud	1600 m	2500 m	3000 m	3000 m	2500 m	3000 m	3000 m	3000 m	3000 m	3000 m
Pendiente	5%	4%	3.33%	2.5%	3.33%	2%	2%	2.5%	2%	2%
Segunda sección										
Longitud	-	-	-	-	-	3600 m ^b	3600 m ^b	12000 m	3600 m ^b	3600 m ^b
Pendiente	-	-	-	-	-	2.5%	2.5%	3%	2.5%	2.5%
Sección horizontal										
Longitud	-	-	-	-	-	8400 m ^b	8400 m ^b	-	8400 m ^b	8400 m ^b
Longitud total	-	-	-	-	-	15000 m	15000 m	15000 m	15000 m	15000 m
DE TRANSICIÓN										
Pendiente	20%	20%	14.3%	14.3%	20%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%
DE TRANSICIÓN INTERNA										
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	40%	33.3%	33.3%
SUPERFICIE DE ATERRIZAJE INTERRUPTO										
Longitud del borde interior	-	-	-	-	-	-	-	90 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	4	1800 m ^c	1800 m ^c
Divergencia (a cada lado)	-	-	-	-	-	-	-	10%	10%	10%
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	4%	3.33%	3.33%

- a. Salvo indicación contraria, todas las dimensiones se miden horizontalmente
- b. Longitud variable
- c. 0 distancia hasta el extremo de pista, si esta distancia es menor
- d. Distancia hasta el extremo de la franja

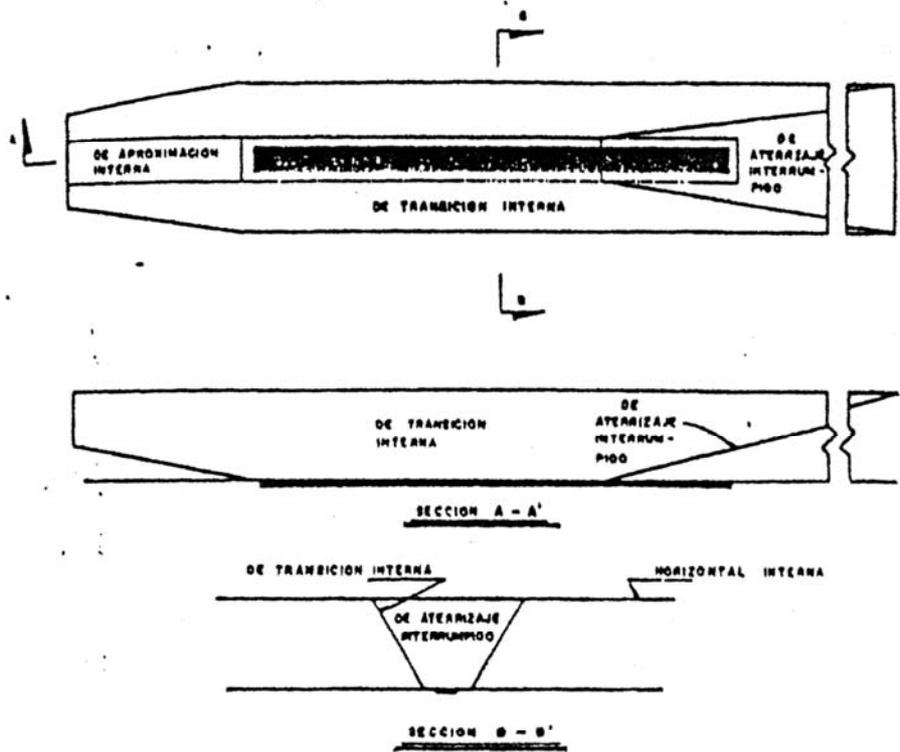
SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS



**SUPERFICIE DE ASCENSO EN EL DESPEGUE Y SUPERFICIE DE APROXIMACION
CON UMBRAL DESPLEGADO.**



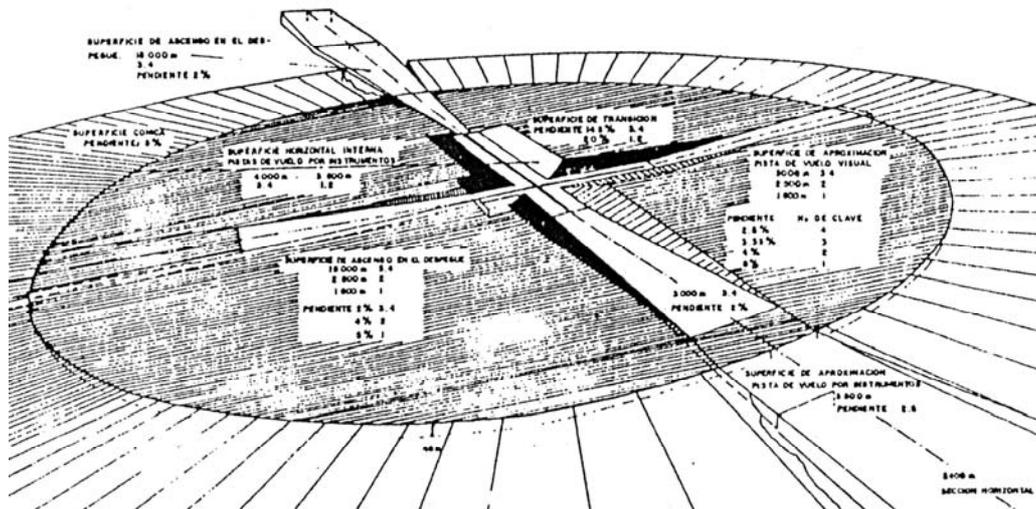
**SUPERFICIE DE ASCENSO EN EL DESPEGUE Y SUPERFICIE DE APROXIMACION
CON ZONA LIBRE DE OBSTACULOS**



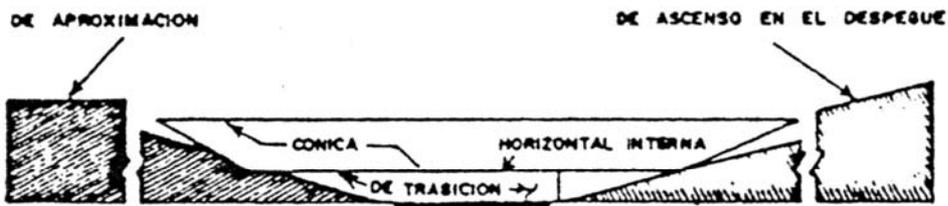
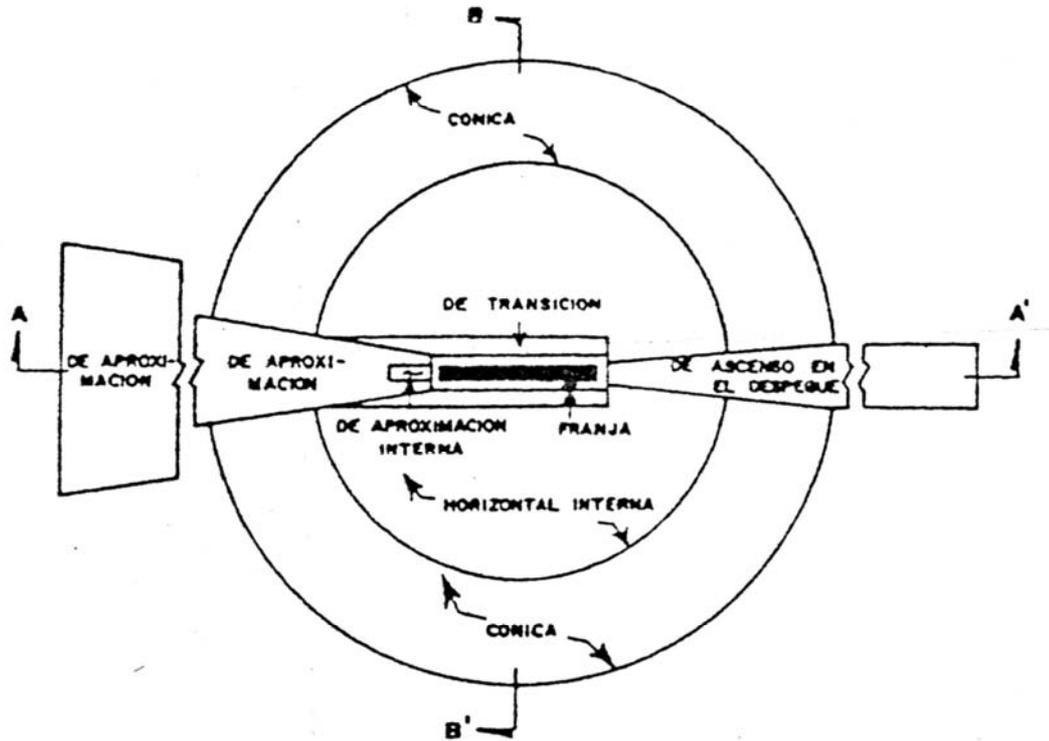
SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTACULOS DE APROXIMACION INTERNA, DE TRANSICION INTERNA Y DE ATERRIZAJE INTERRUPTA

SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS

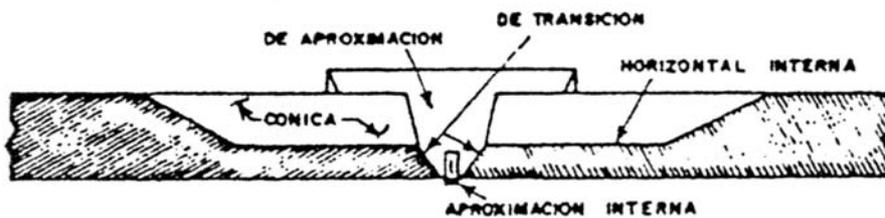
NOTA. LA FIG. MUESTRA LAS SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS EN UN AERODROMO CON DOS PISTAS DE VUELO POR INSTRUMENTOS Y VISUAL, AMBAS SON PISTAS DE DESPERUE.



SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS

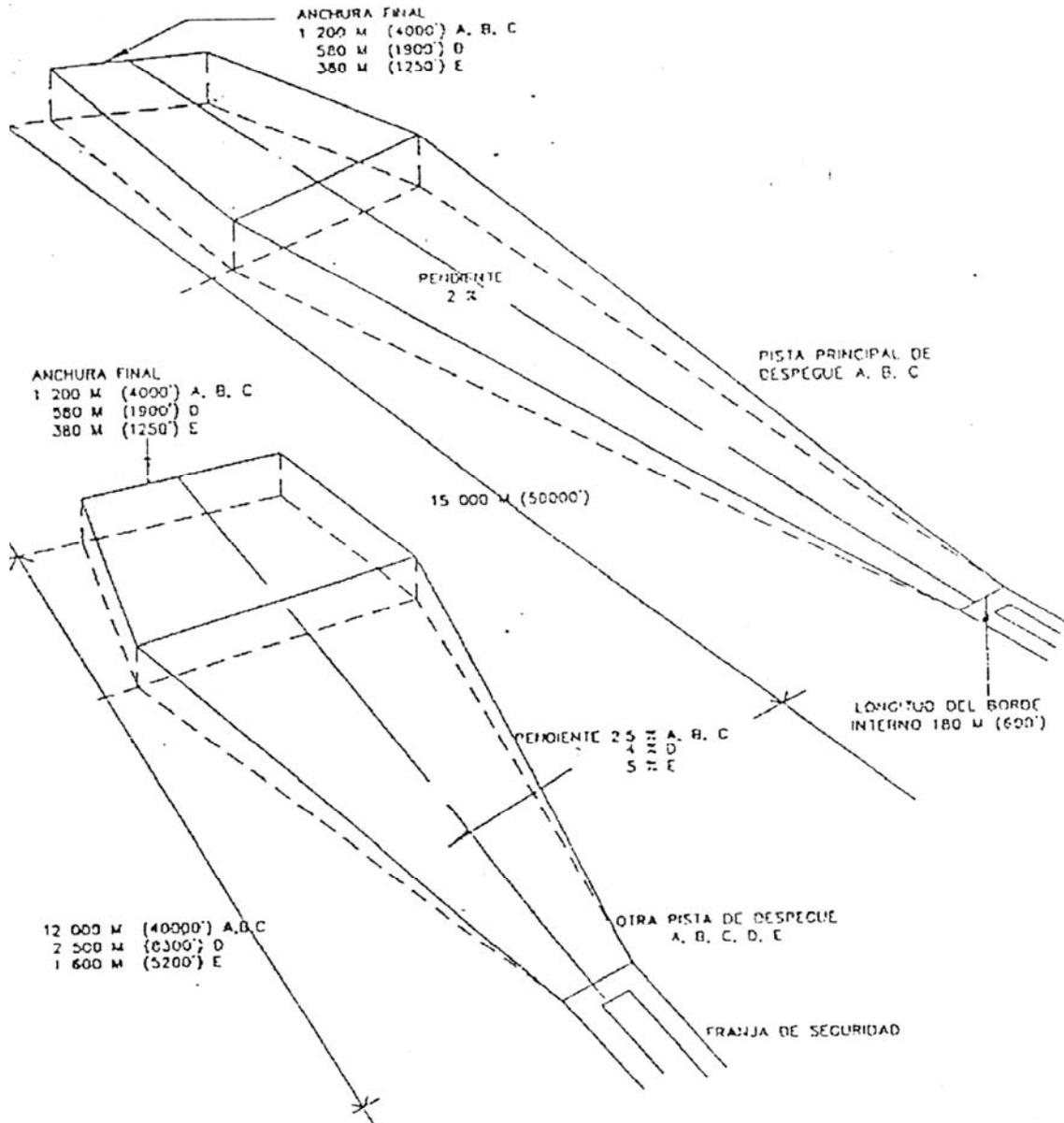


SECCION A - A'



SECCION B - B'

SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS



SUPERFICIE DE ASCENSO EN EL DESPEGUE

NÚMERO DE PISTAS.

Es preciso disponer de un número suficiente de pistas para satisfacer las exigencias del tránsito previsto, es decir, el número de aeronaves, la variedad de tipos de éstas y la combinación de llegadas y salidas que pueden admitirse en una hora durante el periodo de máxima actividad.

La determinación del número de pistas también está en función del coeficiente de utilización, ya que en aeropuertos en donde se presente este coeficiente del 95% representa que el 5% del tiempo no es posible realizar operaciones debido a los vientos transversales, lo cual representa 18 días del año en que esta imposibilitado su funcionar. En consecuencia, además de la pista principal tal vez sea necesario prever una o más pistas adicionales para poder admitir las aeronaves en condiciones de viento transversal fuerte.



Pueden proporcionarse pistas secundarias en el caso de que se considere probable que los trabajos de mantenimiento puedan interrumpir la regularidad del servicio aéreo. No obstante, como las pistas para vientos transversales se utilizarían solamente con fuertes componentes de viento frontal, pueden ser considerablemente más cortas que las pistas principales.

LONGITUD DE PISTAS.

La determinación de la longitud de pista no puede hacerse sino hasta contar con un análisis detallado de las previsiones del tránsito aéreo para el aeropuerto en estudio. Estas previsiones deberán informarnos sobre los diferentes aviones que se utilizarán en el aeropuerto haciendo un seguimiento de destinos y de compañías para poder elegir un avión crítico y la etapa más larga de salida del aeropuerto. Entre todos los aparatos previstos se preferirá el que la longitud necesaria al despegue o aterrizaje sea el más perjudicado por etapas previstas este avión representará **“el avión crítico”**.

Para un avión dado, dos longitudes de pista son recomendadas:

- Longitud de pista necesaria para el despegue.
- Longitud de pista necesaria para el aterrizaje.

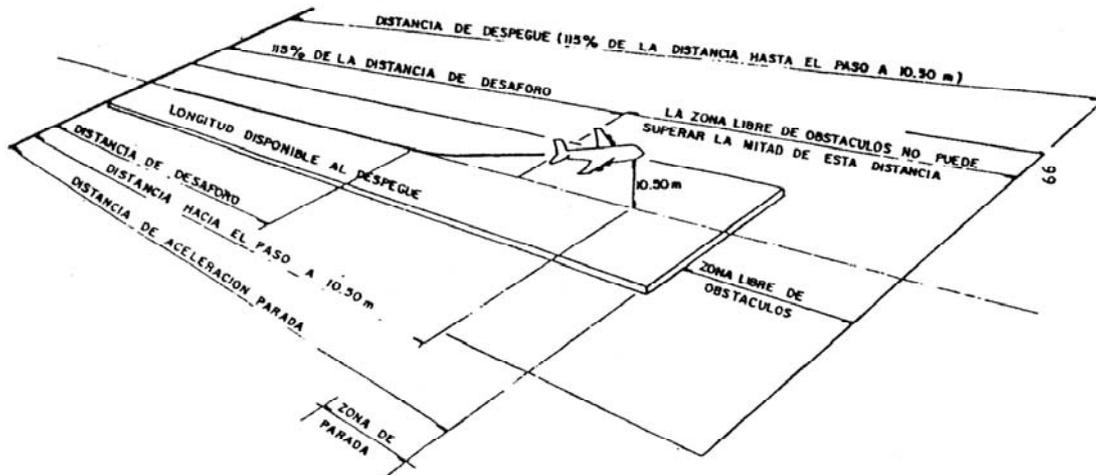
La longitud que se toma en cuenta es la más grande de las dos.

Existen además otros factores que influyen en la longitud de las pista, tales son:

- Condiciones meteorológicas.
- Características de la pista.
- Factores de elevación y limitaciones topográficas.

Para determinar la longitud de pista es necesario considerar las condiciones exigidas para el despegue, ya que cada avión posee una velocidad de seguridad al despegue (**V₂**) que varía en función de los factores antes mencionados. Debido a las características de los aviones, estas requieren que se disponga de una longitud lo suficientemente grande como para asegurar que, después de iniciar el despegue, pueda detenerse con seguridad el avión o concluir con seguridad el despegue sin peligro. Por lo tanto, en esas circunstancias, para cada despegue hay una velocidad llamada de decisión (**V₁**); por debajo de esta velocidad debe interrumpirse el despegue si hay alguna falla en la operación, mientras que por encima de esta velocidad debe continuarse el despegue.

Pueden existir distintas distancias de aceleración-parada, dependiendo de la distancia requerida de despegue a que se acomode cada avión, teniendo en cuenta todos los factores que la afectan.



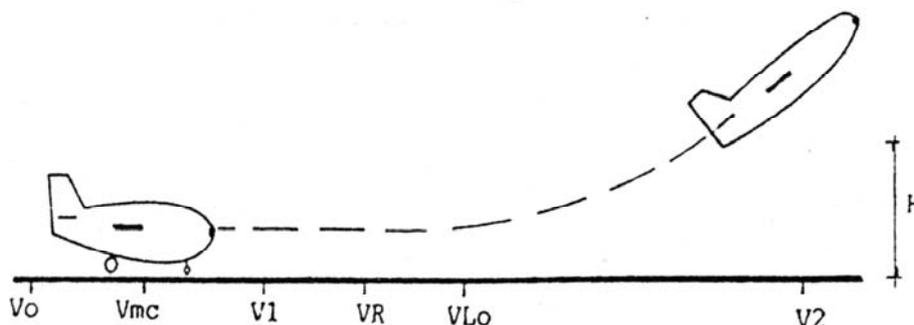
LONGITUD DE PISTAS

Por reglamentación la OACI exige que la longitud de una pista sea igual, por lo menos:

- A la distancia de aceleración-parada correspondiente a los aviones más críticos, susceptible de despegar en la pista considerada.
- A la longitud de rodaje al despegue en el caso que un motor se descomponga una vez alcanzada la velocidad V_1
- A 115% de la distancia necesaria para alcanzar la velocidad de seguridad al despegue V_2 , con todos los motores en funcionamiento.

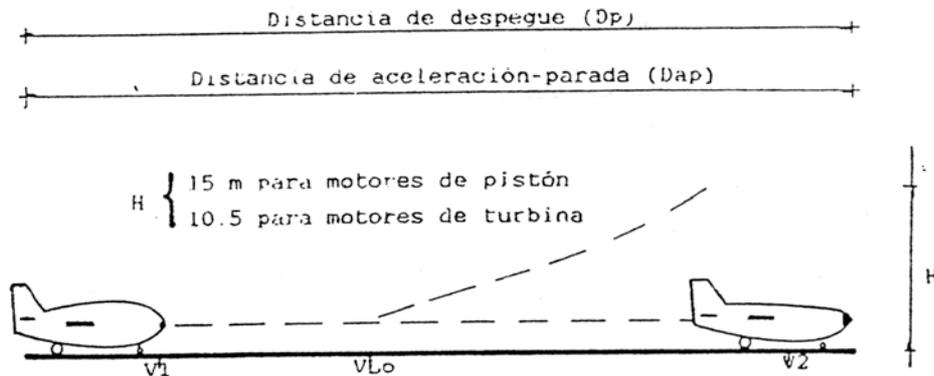
También se considera una distancia llamada “distancia de despegue”, que es la longitud de despegue contada a partir del momento en que se sueltan los frenos para que el aparato alcance una altitud mínima de 15m (10.5m en aviones a reacción), en el caso de que un motor se descomponga después de haber alcanzado la velocidad V_1 . Esta distancia es superior a la mayor de ambas distancias antes citadas. Este suplemento de distancia, llamada “zona libre de obstáculos”, puede no estar revestido, únicamente es indispensable que no exista ningún obstáculo saliente por encima de la superficie del suelo.

Estas condiciones se pueden presentar de la siguiente manera:



- V_0 = Velocidad inicial de cabecera.
- V_{mc} = Velocidad mínima de control.
- V_1 = Velocidad crítica.
- V_R = Velocidad de rotación
- V_{Lo} = Velocidad de levantamiento del avión.
- V_2 = Velocidad donde el avión alcanza una altura segura para estar en ruta.

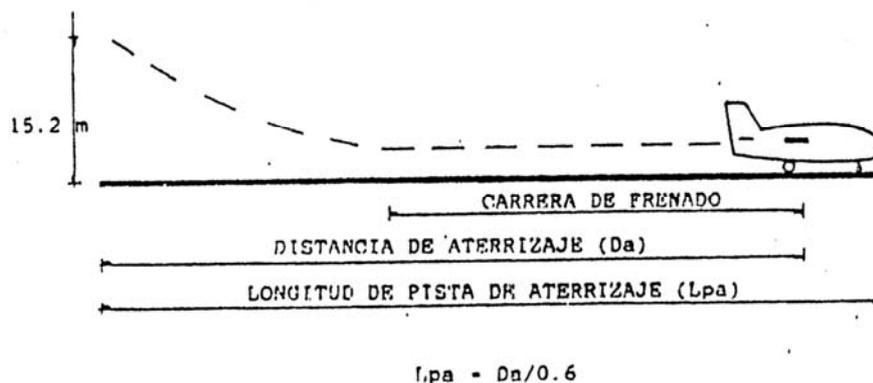
Para el caso de despegue. Considerado con falla de un motor:



Cuando la pista cumple con la condición de:

$D_p - D_{ap}$ Se llama pista balanceada por que alcanza a frenar el avión sin aplicar motores de reversa para frenos

Respecto al aterrizaje, se considera la longitud de aterrizaje del avión crítico, susceptible a utilizar la pista con frecuencia. Se trata de la longitud de pista que utilizara dicho avión, con el peso máximo autorizado para el aterrizaje, después de haber sobrevolado el umbral de la pista a una altura de 15 m. y poniendo en funcionamiento sus frenos. Para tomar en cuenta la impresión de la aproximación y la mayor o menor eficacia de los medios de frenado, debe preverse una longitud revestida de la pista por lo menos de $1/0.6$ de la longitud de aterrizaje.





Considerando todos estos factores se determina la longitud básica de la pista, debido a que se considera en condiciones "Standard", para calcular la longitud de pista necesaria en el despegue y aterrizaje de las aeronaves, en condiciones de presión atmosférica tipo (1013.2 milibares, temperatura de 15°, vientos y pendientes nulas). Por lo que es necesario calcular la longitud verdadera de la pista, la cual se determina en función de los datos de operación, de las aeronaves o en función de las condiciones del lugar, donde se establecerá el aeropuerto

Antes de conocer los métodos para calcular la longitud de pista, es necesario conocer algunos datos adicionales de las aeronaves que son de utilidad:

- **Peso Total:** En función de este y de la estructura de tren de aterrizaje, se calcula la longitud real de la pista y se diseña el pavimento.
- **Peso básico o vacío:** Es el peso propio de la aeronave sin sobrecarga alguna.
- **Peso de operación:** Peso básico mas peso de equipo fijo más tripulación más combustible.
- **Carga de paga:** Es lo que se requiere de un pago para su transportación y comprende a los pasajeros, mercancía, correo, etc.
- **Carga útil:** Carga de paga más combustible más tripulación.
- **Peso máximo de despegue:** Es con el que puede el avión efectuar con toda seguridad esta operación sin sufrir daño alguno, y es mayor que el de aterrizaje; (por el combustible).
- **Peso máximo de aterrizaje:** Es con el que la estructura del avión permite que se efectúe esta operación sin sufrir daño alguno.
- **Combustible requerido:** Se divide en: combustible necesario para cubrir la ruta y combustible de reserva.
 - Combustible para cubrir la ruta: Se determina en función de la distancia, características de los motores, peso, altitud de vuelo, etc. Cuando se requiere su capacidad total, esta se determina en función del 30 ó 35 % de peso total.
 - Combustible de reserva: Es la cantidad adicional con la que se abastece el avión, con el objeto de trasladarse a un aeropuerto alternativo, cuando por cualquier motivo, el de destino no pueda recibirlo. Se determina la cantidad en función del 10 % del peso total del avión o lo necesario para cubrir máximo 40 minutos de vuelo.



- Aeropuerto alternativo: es o son los aeropuertos que se asignan en el plan de vuelo del avión y que tiene por objetivo recibir a las aeronaves por cualquier motivo o circunstancia, cuando el aeropuerto de destino no pueda recibirlos.

Una vez conocidas las características de los aviones es posible calcular las longitudes de las pistas. El método más común es:

Método aproximado de los factores a partir de la longitud básica de pista.

Este método considera la longitud básica de la pista, por lo que a continuación se muestra una figura que permite en función de la clase y del tipo de avión crítico conocer la longitud de pista básica que tendrá que ser corregida.

Los valores de longitud de pista indicados en la tabla constituyen valores básicos que tendrán que ser corregidos tomando en cuenta las condiciones locales en lo que se refiere a la altitud, temperatura, y pendiente longitudinal de la pista, estas correcciones se explicaran a continuación.

CLASE	AVIÓN CRÍTICO	LONGITUD DE PISTA
1	Monomotor y pequeño Bimotor	600 a 800 m.
2	Bimotor de negocios	1000 m.
3	Beach 99	1350 m.
4	Forker 27	1800 m.
5	B 737 DC 940	2100 m. 1900 m.
6	B 737 o A 300	2700 m.
7	B 747 DC 10-10 DC 10-30	3600 m. 3100 m. 3500 m.

- Corrección por altitud o elevación.

A medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar, la presión y la densidad del aire disminuye, lo que se traduce en la operación de las aeronaves, en una disminución de la sustentación correspondiente a una determinada velocidad verdadera debido a una reducción de potencia y eficiencia de la hélice, por lo que se requiere mas tiempo para alcanzar la velocidad de avance que produzca la sustentación necesaria con el consecuente aumento de la longitud de la pista para lo que se recomienda que debe aumentarse la longitud básica de la pista a razón de 7% sobre el nivel del mar, lo que se puede hacer mediante la siguiente expresión:



$$L.C.A. = L.B. (1 - 0.07 H / 1000)$$

Donde:

L.C.A. = Longitud corregida por altitud

L.B. = Longitud básica

H. = Elevación sobre el nivel del mar

o Corrección por temperatura

La operación de las aeronaves depende de la temperatura, debido, a que la presión da el aumento de la temperatura, que resulta en una reducción de la densidad del aire, lo que ejerce un efecto adverso en las aeronaves implicando que se requiera una mayor longitud de pista, lo que se logra mediante la siguiente corrección: *la longitud corregida por temperatura debe aumentarse a razón del 1 % por grado centígrado de diferencia entre la temperatura de referencia del lugar y la temperatura Standard para la elevación del mismo lugar.* Esto se expresa de la siguiente manera:

$$L.C.T. = L.C.A. (1 + 0.01 \beta)$$

Donde:

L.C.T. = Longitud corregida por temperatura.

L.C.A. = Longitud corregida por altitud

β = Temperatura de referencia – Temperatura Standard del lugar

Se entiende por temperatura Standard del lugar a la que tiene una atmósfera convencional a la elevación del lugar y donde la temperatura y la presión atmosférica son factores de mucha importancia para el comportamiento de las aeronaves.

La temperatura Standard del lugar esta dada por la siguiente expresión:

$$T.S.T. = 15 - 6.5 (H / 1000) \quad [^{\circ}C]$$

Siendo:

15 = Temperatura Standard al nivel del mar.

H = Elevación sobre el nivel del mar.

La temperatura de referencia del lugar esta dada por la siguiente expresión:

$$Temp. de ref. = T1 + (T2 - T1) / 3$$



Donde:

T1 = Temperatura media mensual de las medias diarias del mes mas caluroso del año, considerando como tal que halla registrado la temperatura media mas alta.

T2 = Temperatura media mensual de las máximas diarias del mismo mes.

Por lo tanto, la diferencia de temperatura entre la de referencia y la Standard es la siguiente:

$$\beta = \text{Temp. de ref.} - T.S.T.$$

Precipitación.

Para el cálculo de longitud de pista normalmente se utiliza el valor de la precipitación anual en *mm.* así como para dar pendientes de las pistas (longitudinales y laterales). Se considera un 15 % adicional a la longitud de pista.

Considerar la precipitación es más que nada una revisión que se hace siempre, por que por lo menos habrá una ocasión en que se tenga la pista húmeda. De esta manera se corrige la longitud de pista de aterrizaje y se compara con la longitud de pista de despegue.

- Corrección por pendiente longitudinal

La longitud corregida por temperatura se aumenta a razón de un 20% en cada grado longitudinal de pendiente lo que se obtiene con la siguiente expresión:

$$L.C.P = L.C.T.(1 + 0.20P)$$

Siendo:

L.C.P = Longitud corregida por pendiente longitudinal.

P = Pendiente efectiva.

Definiéndose como pendiente efectiva del terreno la relación que existe entre la diferencia máxima de niveles sobre la longitud total de la pista, y se calcula mediante la siguiente expresión.

$$P = \frac{S}{L}$$

Donde:

S = Diferencia de niveles del terreno nivelado.

L = Longitud de la pista hasta la corrección por temperatura.



Por ultimo cabe mencionar que este método solo podrá ser valido cuando la suma de las correcciones por temperatura y altitud provoque un aumento en la longitud básica menor del 35 %.

Cuando esto suceda las correcciones deberán obtenerse mediante el método del manual del avión, ya que resultaría antieconómico realizar las correcciones a más del 35% de la longitud básica.



5.4 CALLES DE RODAJE

Las calles de rodaje son las vías que sirven para el traslado a baja velocidad de las aeronaves, utilizando su propulsión propia o mediante tracción ajena. A cada lado de una calle de rodaje deberá existir una faja de terreno, que se denomina faja de seguridad de la calle de rodaje, despejada y libre de obstáculos y que pueda resistir las cargas de las aeronaves que, por cualquier motivo se salgan de la calle de rodaje. Las calles de rodaje se proyectaran nada mas para aquellos aeropuertos en que, por la intensidad del transito de aviones, se necesita desalojar rápidamente la aeropista con el objeto de que no se utilicen estas para el rodaje de las aeronaves.

Para lograr la máxima capacidad en las pistas y calles de rodaje, es necesario proyectar las calles de rodaje de manera que se asegure que las aeronaves puedan abandonar y entrar en las pistas con un ritmo que permita mantener los movimientos con las distancias mínimas de separación. Así pues, en el proyecto de las calles de rodaje se aplican los siguientes principios generales:

- a) El camino recorrido por las aeronaves en las calles de rodaje deberá ser lo mas directo y sencillo posible, para evitar la necesidad de dar instrucciones complicadas y ahorrar tiempo y dinero reduciendo las distancias de rodaje.
- b) Siempre que sea posible, deberán trazarse recorridos en línea recta y los cambios de dirección en las calles de rodaje deberán ser lo más pequeños y el menor número posible.
- c) Deberán facilitarse suficientes calles de entrada y salida para cada pista a fin se acelerar el movimiento de las aeronaves entrando y saliendo de la misma.
- d) Deberán evitarse cruzar las pistas u otras calles de rodaje, siempre que sea posible, para evitar interrupciones del movimiento de las aeronaves.
- e) Deben trazarse de tal manera que no interfieran en las ayudas a la navegación.
- f) Deben ser visibles desde la torre de control.

CALLES DE ENTRADA Y SALIDA.

La capacidad de una pista depende en gran parte de la posibilidad de que el sistema de calles facilite el transito de las aeronaves hacia la pista y desde la misma. La función de las calles de salida es reducir a un mínimo el tiempo de ocupación de la pista por las aeronaves que aterrizan. Idealmente, las calles de salida deberán estar situadas a lo largo de la pista, a intervalos frecuentes, para poder acomodarse a cada tipo de aeronaves que se espera utilice la pista. En la práctica, el espacio y número óptimo puede relacionarse por grupos de



aeronaves basándose en algunas de sus características tales como velocidad de aterrizaje y desaceleración desde el punto de toma del contacto hasta el punto del recorrido de aterrizaje en que pueda efectuarse el viraje de salida. La calle de salida deberá facilitar el tránsito hasta el punto en que se considere que la aeronave está fuera de la pista, permitiendo entonces efectuar otra operación en la misma.

Una calle de salida puede estar en ángulo recto con la pista, lo que hace que las aeronaves tengan que desacelerar hasta velocidades muy bajas antes de que puedan efectuar el viraje de salida, o pueden estar diseñadas con un ángulo agudo a fin de permitir velocidades más altas en el viaje de salida. Esta última disposición permite a las aeronaves el dejar la pista libre más rápidamente, lo que hace, por lo tanto, que aumente la capacidad de la misma.

APARTADEROS DE ESPERA Y PUNTOS DE ESPERA EN RODAJES.

En los aeropuertos en que sea elevada la actividad y debido a que es difícil conseguir que las aeronaves abandonen la plataforma de tal forma que llegue al final de la pista en la secuencia requerida por el servicio de tránsito aéreo, es indispensable disponer de apartaderos de espera y otras calles de desviación que permitan:

- 1) Demorar la salida de ciertas aeronaves debido a circunstancias imprevistas sin imponer retrasos a las aeronaves que los siguen.
- 2) Que las aeronaves realicen verificaciones de altímetro antes del vuelo, del ajuste y programación de los sistemas de navegación inercial cuando este no sea posible en las plataformas.
- 3) Efectuar pruebas de motores en los casos de aeronaves de motor de embolo o utilizarlos como punto de verificación de VOR.

TIPOS DE CALLES DE DESVIACION

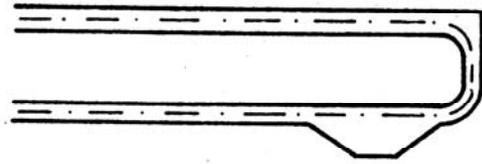
En general, las calles de rodaje que permiten que una aeronave adelante a otra que le precede pueden dividirse en tres tipos:

- Apartaderos de espera

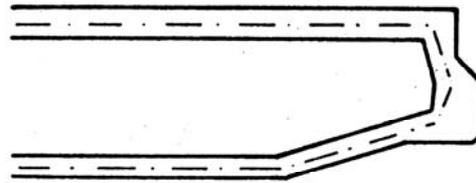
Área definida en la que puede detenerse una aeronave para esperar o dejar pasar a otras. Si se hace uso de estos apartaderos de espera, las aeronaves pueden despegar basándose en sus prioridades para el despegue, en cualquier orden. La disponibilidad de un apartadero de espera, permite que salga y vuelva a entrar independientemente en la corriente de tránsito de salida. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de configuraciones de apartaderos de espera.



Rectangular



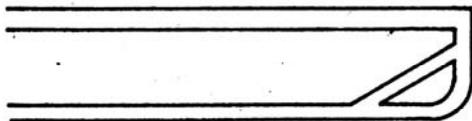
Trapezoidal



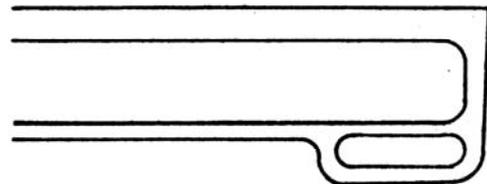
En el Punto de Espera

- Calles de rodaje dobles

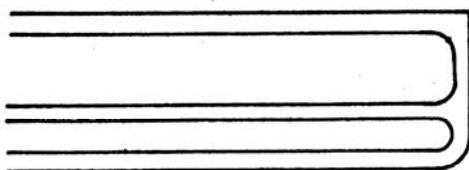
Es una segunda calle de rodaje paralela normal. Dividen la corriente de tránsito de salida en dos partes, y se justifican en aeropuertos de mucha actividad, donde es clara la necesidad de movimiento bidireccional el tránsito paralelo a la pista. Y estas pueden tener las siguientes configuraciones.



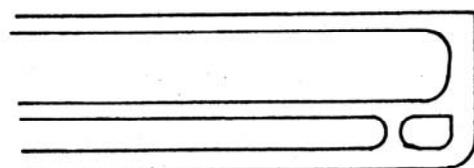
Calle de Desviación Oblicua



Calle de Desviación Paralela



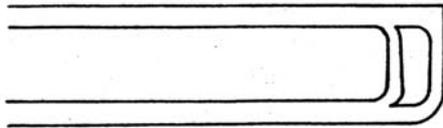
Calle Doble de Entrada



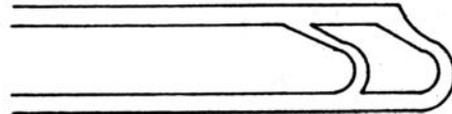
Calle Doble de Entrada con Desviación

- Entrada doble de pista

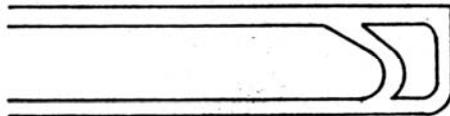
Es una duplicación de la calle de rodaje, y pueden presentarse de la siguiente manera:



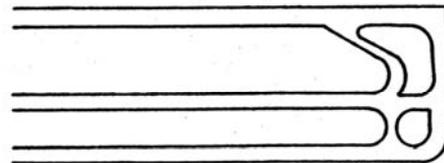
Uniones Rectas



Uniones Oblicuas



Uniones Mixtas



Uniones Mixtas de Dos Calles de Rodajes Paralelas

CALLES DE SALIDA A GRAN VELOCIDAD

La decisión de proyectar y construir una calle de salida a gran velocidad se basa en los análisis del tráfico existente y previsto. El fin principal de estas calles de rodaje es disminuir el periodo de ocupación de la pista por las aeronaves, y por lo tanto aumentar la capacidad del aeródromo.

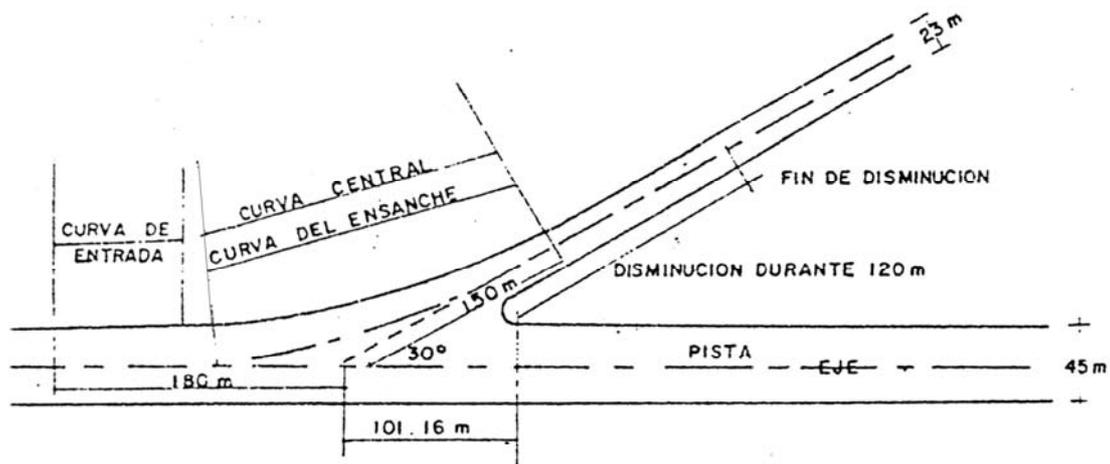
Cuando el aeródromo no tiene mucha densidad de tráfico, con una calle de salida en ángulo recto puede ser suficiente, la cual produce menores gastos y colocada en forma adecuada a lo largo de la pista consigue un flujo eficiente de tráfico.

Estas calles de salida se utilizan normalmente a velocidades no superiores a 46 km/hr e incluso en algunos casos a velocidades inferiores cuando existen malas condiciones de frenado o vientos de costado fuertes.

Para determinar el emplazamiento de las calles de salida rápida se debe considerar el punto de toma de contacto y la velocidad con la que se desciende, así como el recorrido de aterrizaje de las aeronaves, o sea, la distancia desde el punto de contacto hasta el punto de tangencia de la curva de entrada.

El número de calles de salida necesarias dependerá del tipo de aeronave y del número de aeronaves de cada tipo que maniobran durante la hora crítica. El trazado de una calle de salida de alta velocidad se ha normalizado como se muestra en la siguiente figura.

Las razones principales por las cuales se ha elegido este trazado son: facilidad con que la mayoría de las configuraciones de tren de aterrizaje de las aeronaves pueden efectuar este viraje; proporciona gran separación entre la rueda principal exterior de la aeronave y el pavimento, proporciona el ensanche necesario en caso de que la aeronave no comience el viraje en el punto señalado en la pista para velocidades de aeronaves de hasta 92 km/hr.



Trazado de las Calles de Salida a Gran Velocidad



5.5 PLATAFORMAS

Las plataformas son las zonas del aeropuerto en las cuales se detienen las aeronaves con el objeto de llevar a cabo las maniobras de carga y descarga, aprovisionamiento, así como subida y baja de pasajeros. Las plataformas tendrán dimensiones tales que permitan el estacionamiento de las aeronaves a una distancia mayor de tres metros en cualquier punto de ellos y cualquier obstáculo fijo o móvil y con cualquiera de sus ruedas a más de tres metros del borde de la plataforma. Deberán contar, además, con espacio suficiente para maniobras, para lo cual ningún punto de la aeronave que se mueva con sus propios motores quedará a menos de cinco metros de algún otro obstáculo móvil como sería, por ejemplo, otras aeronaves, o a menos de tres metros de obstáculos fijos. Si las aeronaves se mueven tiradas por vehículos tractores, la distancia de cinco metros puede quedar reducida a tres metros como mínimo.

CLASIFICACION

Las plataformas se clasifican de acuerdo con su posición y el servicio que prestan, puede haber:

1. Comercial o Terminal

Es un área para maniobras de aeronaves comerciales y se encuentra situada frente al edificio Terminal. Se utiliza para el aprovisionamiento de combustible y mantenimiento de aeronaves, embarque y desembarque de pasajeros, carga, correo y equipaje.

2. Plataformas de carga

Área para que las aeronaves que solo transportan carga y correo puedan estar separadas de las demás plataformas, o bien frente al edificio terminal.

3. Plataforma para estacionamientos

Estas se necesitan para el servicio y el mantenimiento ordinario de las aeronaves que temporalmente están fuera de servicio.

4. Plataforma de servicio y de hangares

Es una zona próxima al hangar de reparaciones, empleada para efectuar pequeñas operaciones de mantenimiento.

Por lo que se refiere a las plataformas, la planificación general del aeropuerto deberá prever:

Los sitios que exigen un mínimo de circulación terrestre entre las rutas y los lugares de plataforma.



Las disposiciones que dejen a los aviones cierta libertad de movimiento y que limitan al mínimo los riesgos de atrasos.

Un número suficiente de lugares de estacionamiento para el aprovisionamiento de las operaciones aéreas.

Medios de embarque y desembarque para los pasajeros.

Medios de carga y descarga para las cargas aéreas.

Instalaciones para pequeño mantenimiento y abastecimiento de combustible.

CARACTERÍSTICAS DE UNA PLATAFORMA

El proyecto de los diversos tipos de plataforma, exige una evaluación de muchas características relacionadas con la seguridad, eficacia, configuración geométrica, flexibilidad y tecnología, que son comunes en todos los tipos.

a) Seguridad

Se refiere a que deben considerarse las distancias de separación entre aeronaves, para que estas puedan desplazarse lo más libremente posible. Deben tenerse los medios necesarios para que el combustible sea suministrado sin provocar riesgos. Así como el de proporcionar pendientes adecuadas para drenar cualquier vertido de combustible y evitar una propagación.

b) Eficacia

Se logra al disponer adecuadamente de las posiciones de plataforma, así como sus instalaciones para dar servicio a las aeronaves.

c) Configuración geométrica

Depende de la longitud y ancho del terreno, de acuerdo a estas condiciones es como se plantea, la disposición más eficaz basándose en la naturaleza y exigencias del tráfico aéreo.

d) Flexibilidad

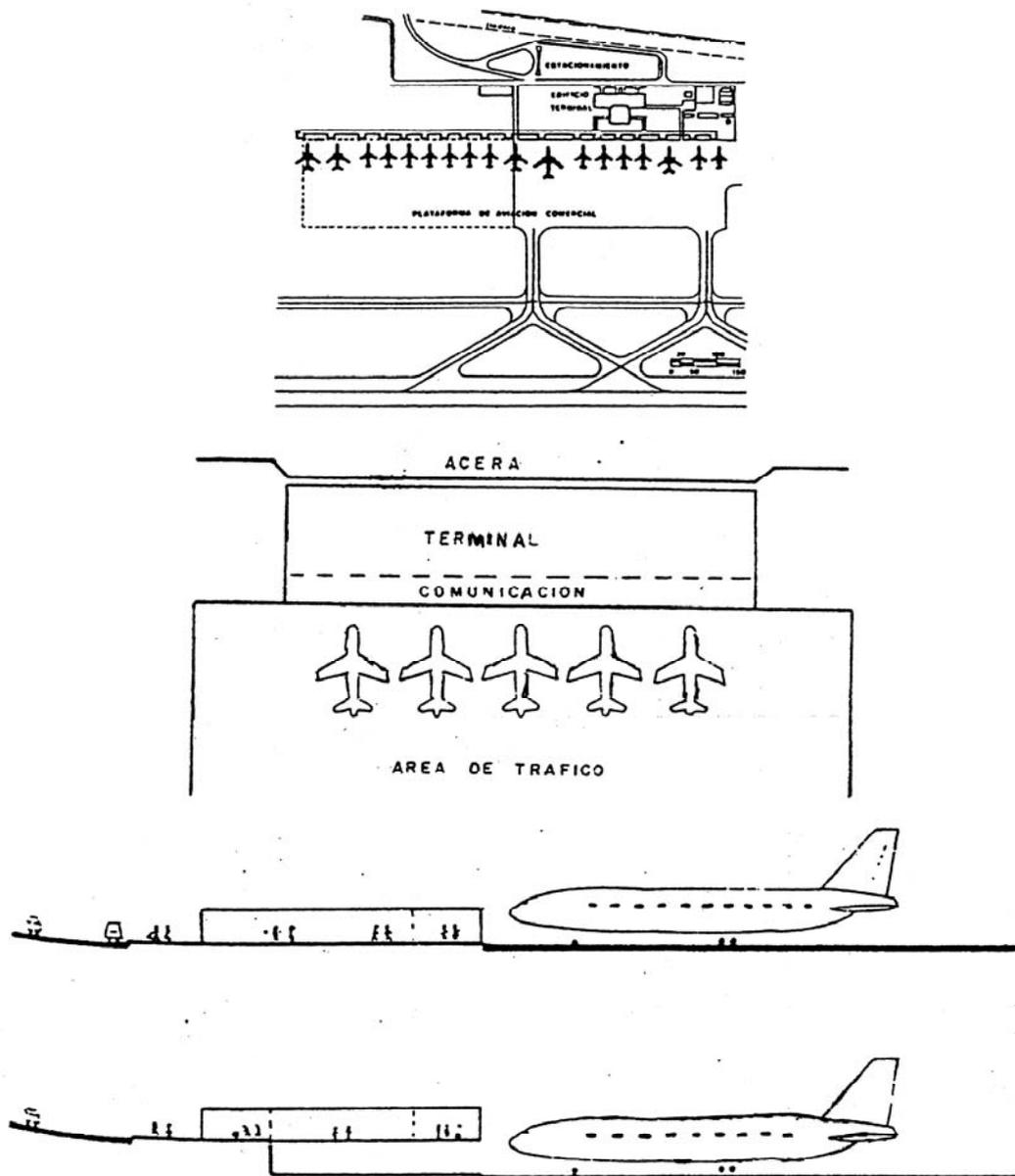
Deben considerarse los aspectos de: variedad en el tamaño de aeronaves, posibilidad de ampliación.

TIPOS DE TERMINAL

Sistema frontal o lineal

La configuración de este sistema, es adecuado para cuatro o cinco formas de estacionamiento o menos. Cuando sean necesarios mas de cinco, la circulación de los pasajeros en un sistema lineal se hace más lenta y el costo de la sala anexa a dichos lugares aumenta.

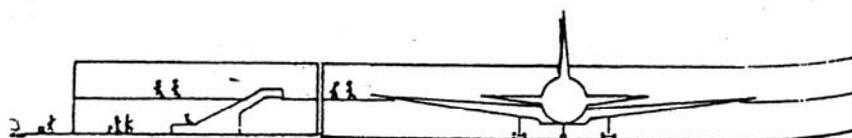
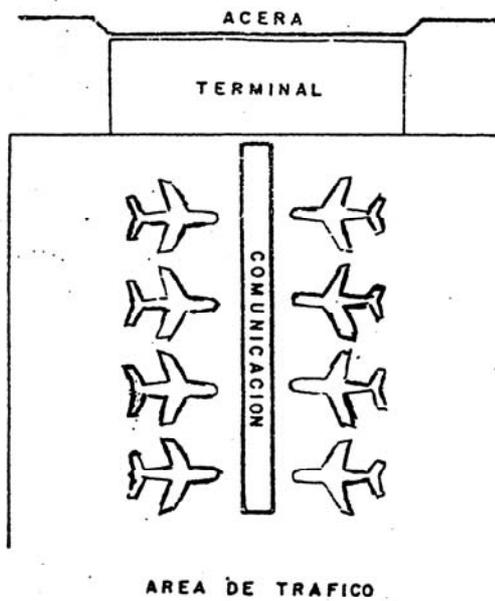
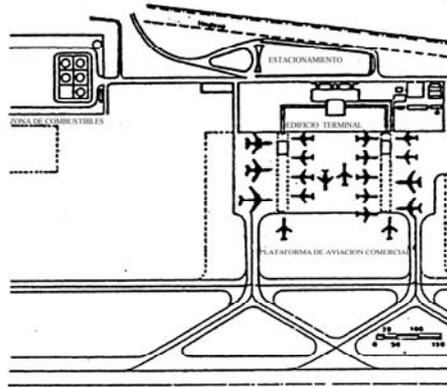
La configuración lineal esta constituida por un edificio, frente a el se estacionan directamente los aviones, el edificio no es necesariamente lineal, puede incluir ciertos quiebres en forma semicircular, u otros. De su solución depende el aumentar con respecto a la demanda la multiplicación de los servicios.



Sistema Frontal o Lineal

Terminal tipo muelle

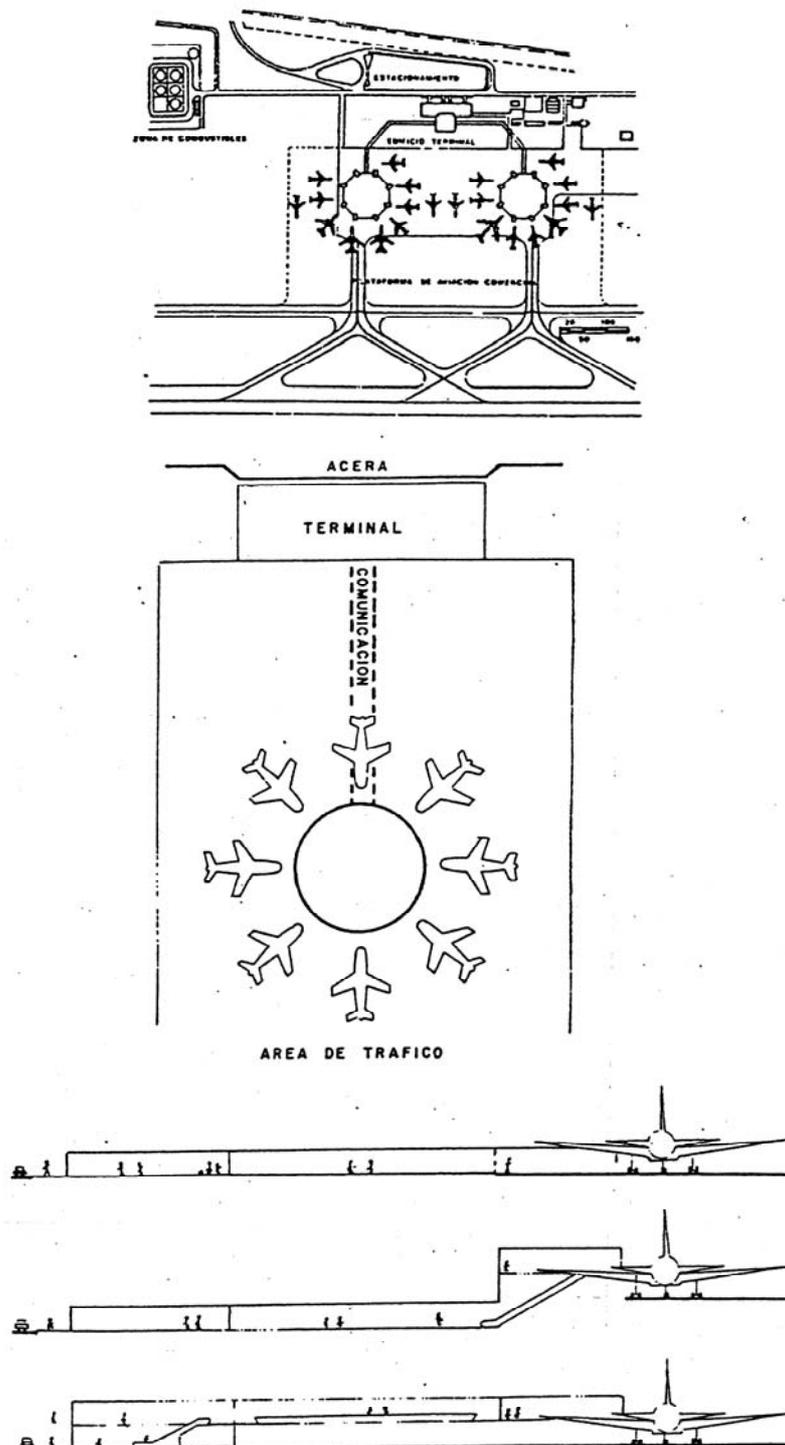
Existe en el edificio central con pasillos o dedos hacia la entrada, frente a los cuales se estacionan las aeronaves. Los aviones en plataforma se interfieren ligeramente si no hay espacio suficiente entre los dedos o pasillos. Esta solución de flexibilidad es para adaptarse a crecimientos futuros.



Sistema Tipo Muelle

Terminal tipo satélite

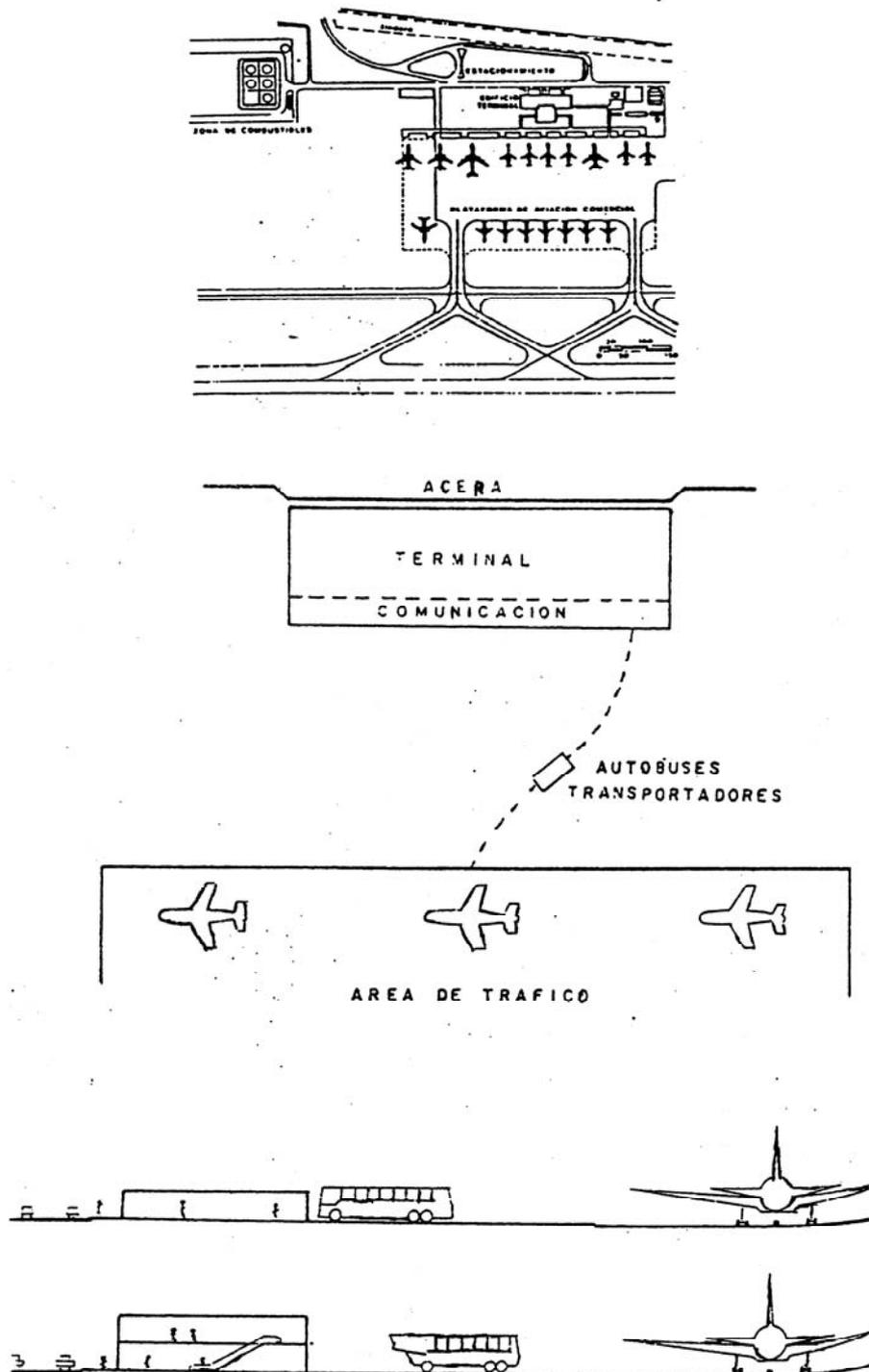
Este edificio terminal tiene construcciones independientes interconectadas por medio de un túnel o pasillo. El estacionamiento de aviones se realiza alrededor de estas construcciones independientes. Las maniobras de los aviones en plataforma resultan bastante sencillas, el aprovechamiento del área de la misma puede decirse que es aceptable dependiendo del tipo de satélite.



Sistema Tipo Satélite

Terminal tipo vehicular o de transporte

En este sistema las aeronaves se estacionan separadas del edificio terminal en filas, y el acceso se hace mediante salas móviles. Con esta solución las maniobras y recorridos de los aviones en plataforma pueden simplificarse al máximo.

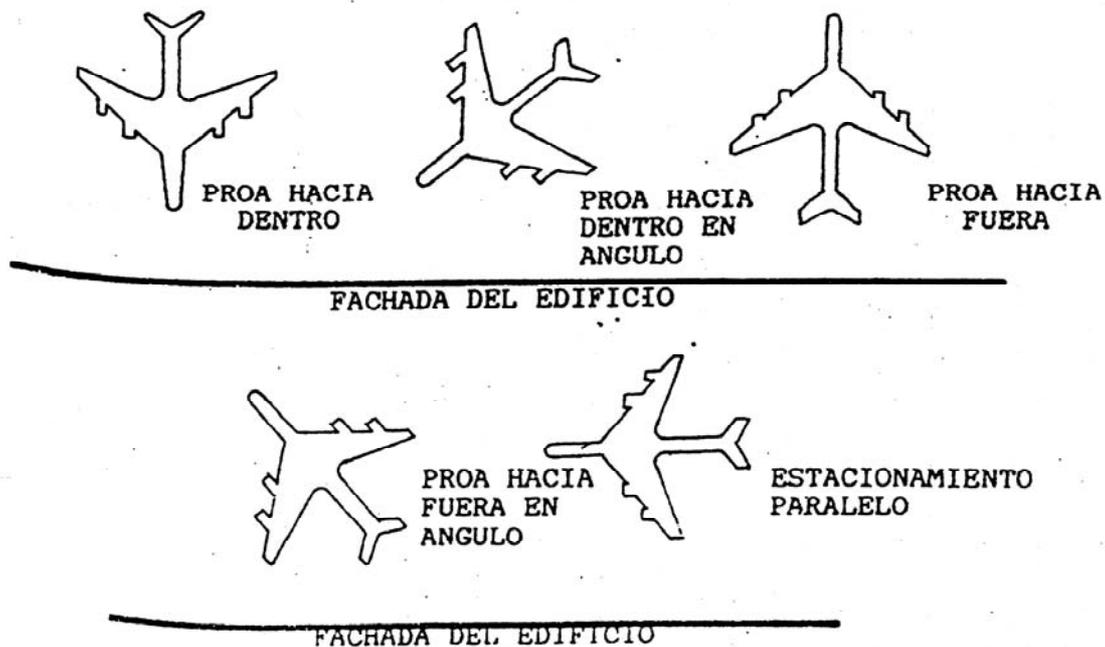


Sistema de Autobuses Transportadores

SUPERFICIE DE LA PLATAFORMA

El área requerida para la plataforma y maniobra del avión depende de:

- a) Tipo de estacionamiento
- b) Del ángulo de estacionamiento
- c) Del tipo de maniobra
 - autónoma (propia del avión)
 - arrastrado por tractor (con ayuda de vehículo motorizado en tierra)
- d) de la forma del área
 - rectangular
 - circular
 - semicircular



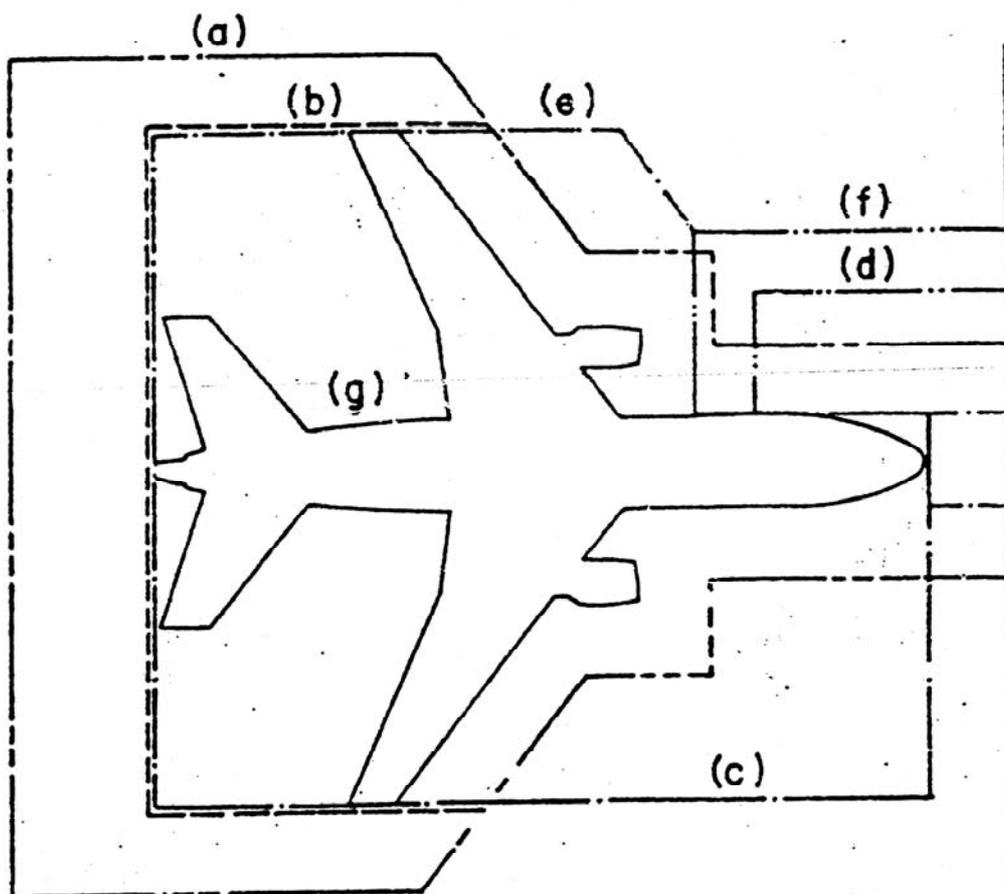
Tipos De Estacionamiento

Cada uno de estos estacionamientos cuenta con diversas ventajas y desventajas relacionadas con las maniobras del avión, el ruido que ocasiona, la posición con respecto al edificio, etc., y en base a esas características es como se determina el tipo de estacionamiento. Las dimensiones de la plataforma se determinan en base al área que el avión necesita para poder realizar óptimamente todas sus operaciones con la mayor seguridad posible.

De las áreas que se deben tomar en cuenta se distinguen:

- a) Área requerida para maniobra del avión.
- b) Área de seguridad con respecto a las operaciones.
- c) Área de seguridad con respecto al edificio.
- d) Área de circulación de los pasajeros a plataforma.
- e) Área de evolución de los equipos de tierra.
- f) Área de seguridad respecto al soplo.
- g) Área ocupada por el avión.

Todas las áreas mencionadas se señalan en la siguiente figura, indicadas con el inciso antes mencionado.





5.6 EDIFICIO TERMINAL

En el estudio de la terminal aeroportuaria, se deben analizar todas las posibles soluciones que logren una uniformidad con el medio, funcionalidad, comunicación entre las áreas que los integran y circundan, así como que sean capaces de recibir el tipo de aviones para el cual fue diseñado.

La terminal sirve para atender al pasajero, pero también acoge visitantes, empleados, etc. Por otra parte cumple así mismo una función comercial. Por lo tanto, en el diseño de debe tratar de distinguir las superficies para uso aeronáutico de las destinadas a uso comercial.

Para definir las áreas necesarias en el edificio terminal, se puede basar en pronósticos de demanda, que definen la cantidad de personas que deben ser transportadas, de esta manera será posible dimensionar las partes que lo integran.

Ciertas partes de la terminal sirven para atender a los flujos (registro y entrega de equipaje), otras para atender los almacenamientos, cuando un elemento desempeña el papel de área de agrupamiento.

La terminal puede dividirse en tres elementos principales:

1. La acera exterior.

Es el elemento que permite trasladar a las personas que salen del circuito, entre este y un medio de transporte.

2. Parte principal del edificio.

Es el elemento directamente en contacto con la acera y que agrupa los servicios comunes al conjunto de usuarios; hall, registro, sala de entrega de equipaje, etc.

3. Parte de enlace del edificio.

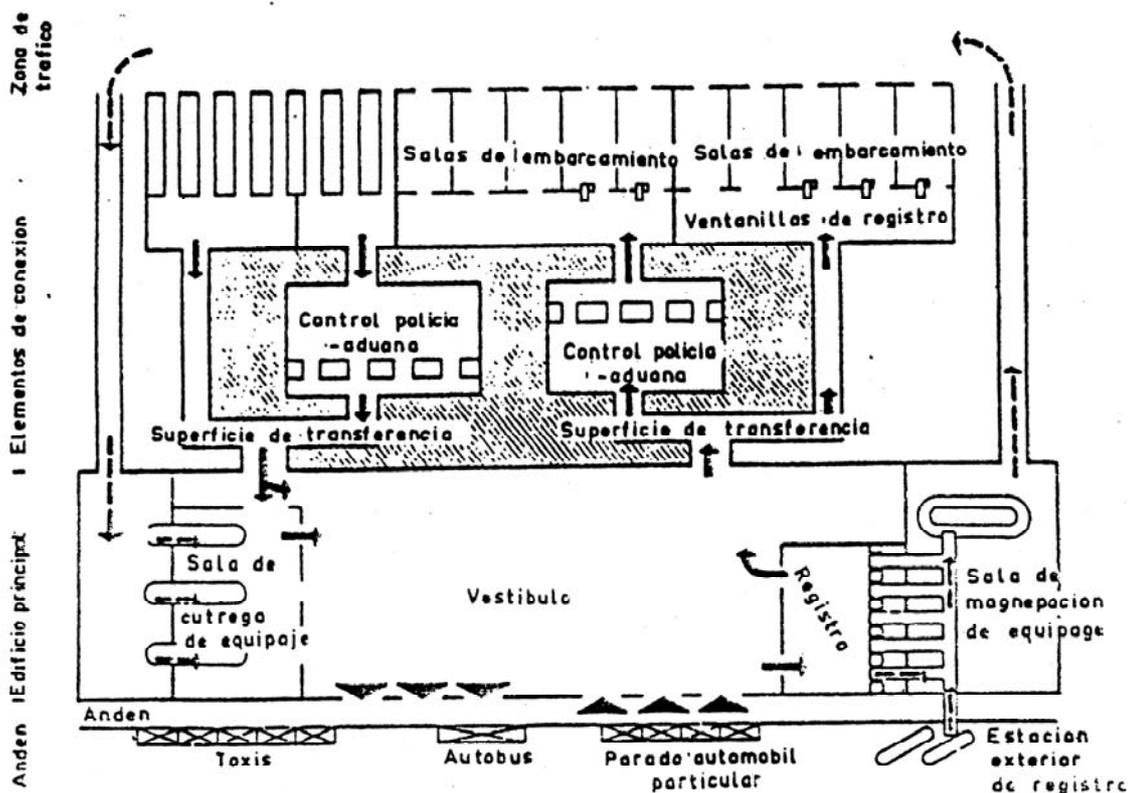
Es el elemento al que solo acceden los pasajeros; la cual cuenta con: superficies reservadas al desplazamiento (corredores), controles sanitarios, control de policía y aduana, sala de embarque, medios de acceso al avión etc.

Para el dimensionamiento del edificio terminal también deben considerarse los usuarios, los cuales pueden ser múltiples y se diferencian por su comportamiento y por los servicios que esperan. Estos pueden ser:

- a) Pasajeros nacionales e internacionales, y entre ellos, con o sin equipaje.

- b) Los acompañantes, que conducen al aeropuerto a los pasajeros que parten o que vienen a buscar a los que llegan; el porcentaje de acompañantes con respecto a los pasajeros varía según el aeropuerto, por ejemplo, se puede hablar de un 18% de acompañantes para vuelos nacionales y un 25% para internacionales en el aeropuerto de la ciudad de México.
- c) Los visitantes. Son los que por alguna razón visitan el aeropuerto, y por lo tanto es muy difícil cuantificarlos.
- d) Equipaje. Este depende de la naturaleza del vuelo, ya sea nacional o internacional.

Por último, se debe tomar en cuenta los recorridos a través de la terminal en los que se refiere a cada tipo de usuarios. Los cuales siguen generalmente un mismo recorrido, el cual se muestra en la siguiente figura.



EDIFICIO TERMINAL: CIRCULACION

Agrupando todos los elementos que forman parte del edificio terminal, ya mencionados anteriormente (partes del edificio terminal, usuarios y recorrido), es posible determinar la forma y las áreas requeridas para el edificio terminal.



Un método para dimensionar el edificio esta basado en coeficientes, los cuales se aplican al transito en la hora critica, obteniendo de esta manera las superficies del aeropuerto

A continuación se presentan algunos de estos coeficientes:

- Superficies de tráfico.

Hall publico de salida 1.5 m²/ persona – superficie comercial y de circulación.

Registro 1.10 llegadas de pasajeros duración en el Hall

- Control de entrada en sala de embarque.

Número de filtros 1.10 pasajeros en zona de embarque capacidad de los filtros

Sala de embarque nacional 0.9 m² / asiento de avión

Sala de embarque internacional 1.1 m² / asiento de avión

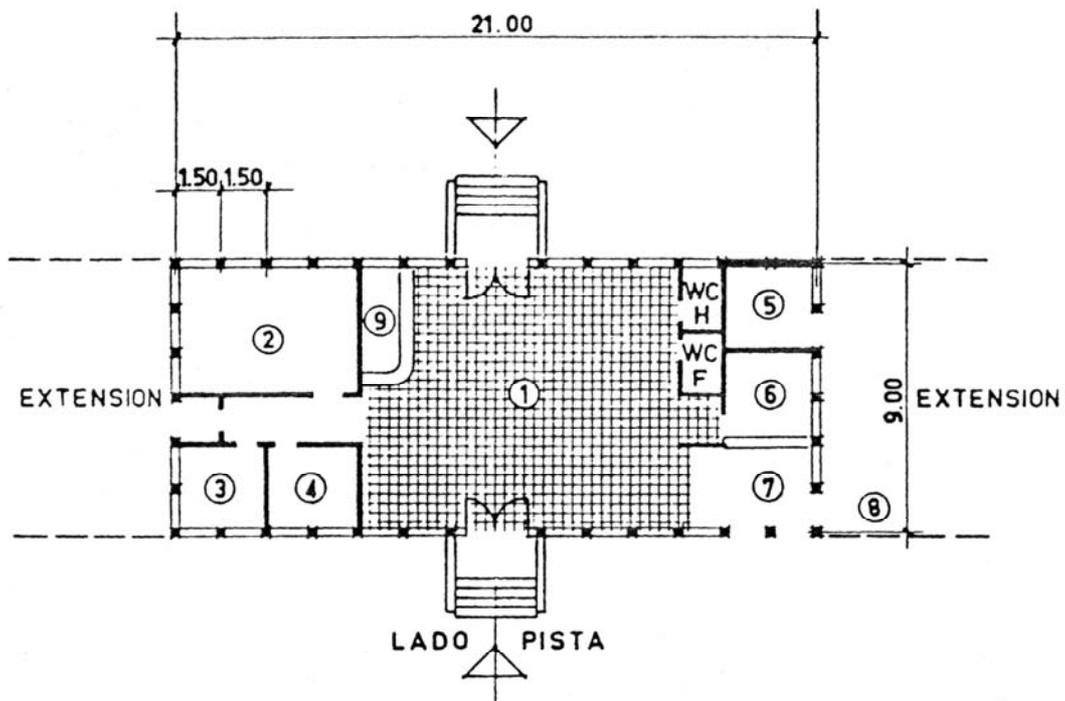
Hall de transito internacional 1.5 a 2 m² / persona

Sala de llegada internacional 1/3 m² / persona

Sala de entrega de equipaje 1.5 m² / persona

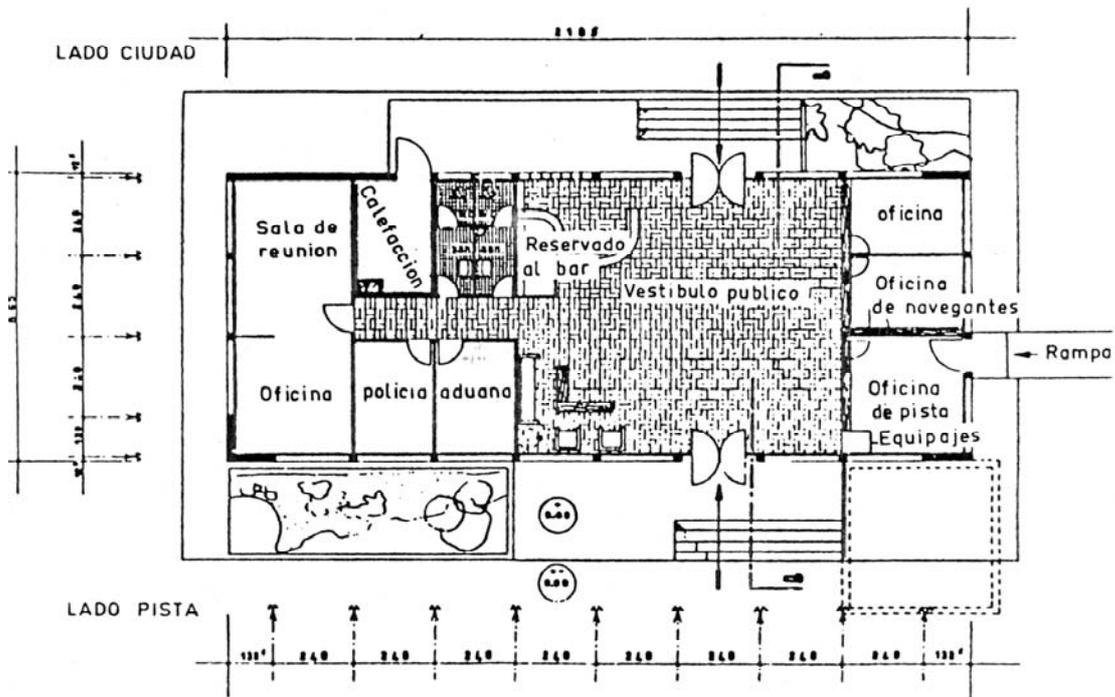
Hall publico de llegada 1.5 m² / persona

Con el fin de sintetizar los distintos elementos descriptivos y dimensionales expuestos antes, a continuación se presentan algunos planes tipos de terminales aplicables a distintas categorías de aeropuerto. Las cuales son únicamente una referencia de las zonas a emplear, mas no significan que se tenga que realizar de esa manera.

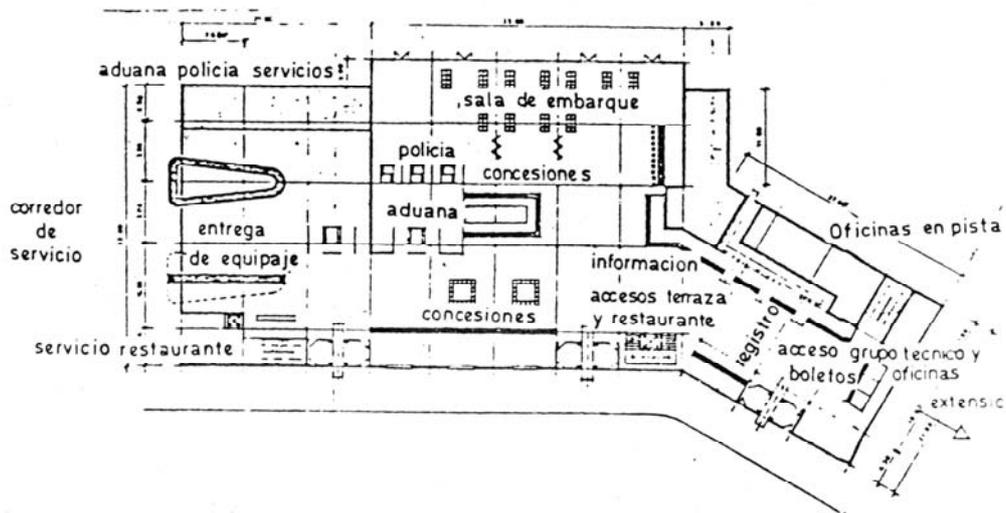
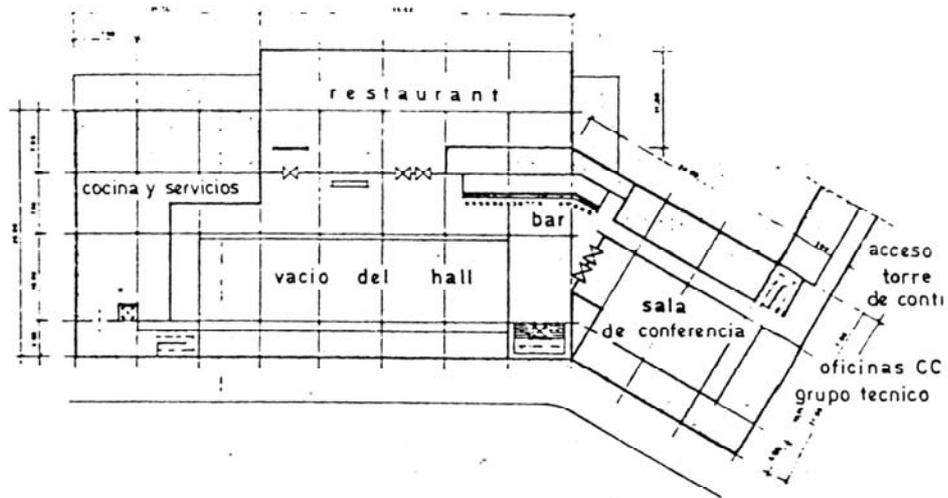


- | | |
|------------------|-----------------------|
| 1 _ Hall publico | 6 _ Personal de vuelo |
| 2 _ Conferencias | 7 _ Oficina de pista |
| 3 _ Policia | 8 _ Equipaje |
| 4 _ Aduana | 9 _ Bar |
| 5 _ Calefaccion | |

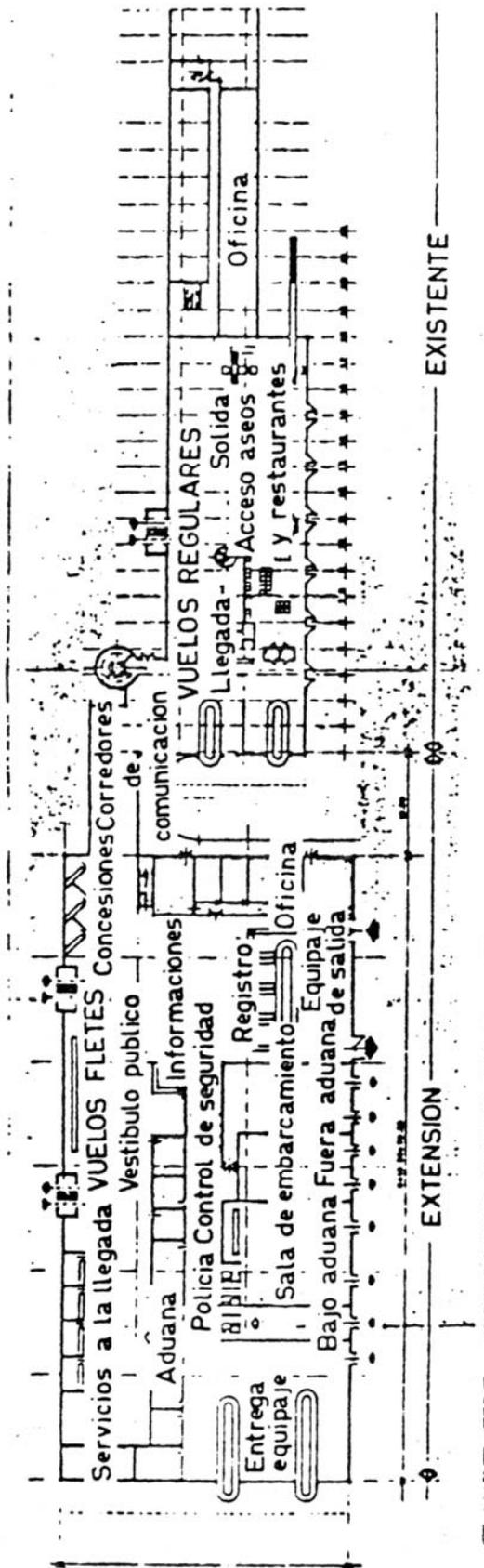
AERODROMO CLASE 1 y 2



EDIFICIO TERMINAL CLASE 3
Tráfico anual pax < 100 000



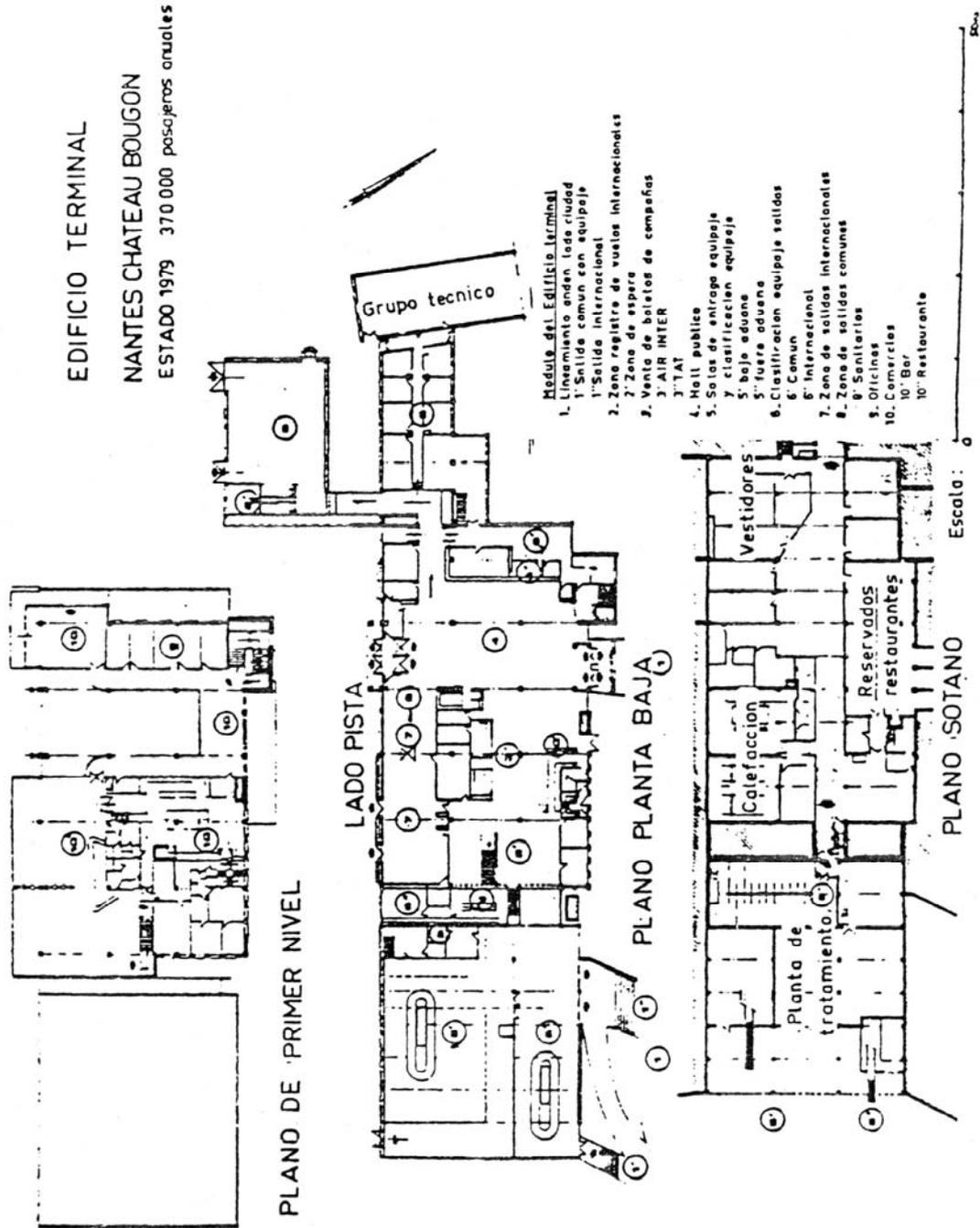
EDIFICIO TERMINAL CLASE 4
Tráfico anual pax 300 000 a 1 000 000



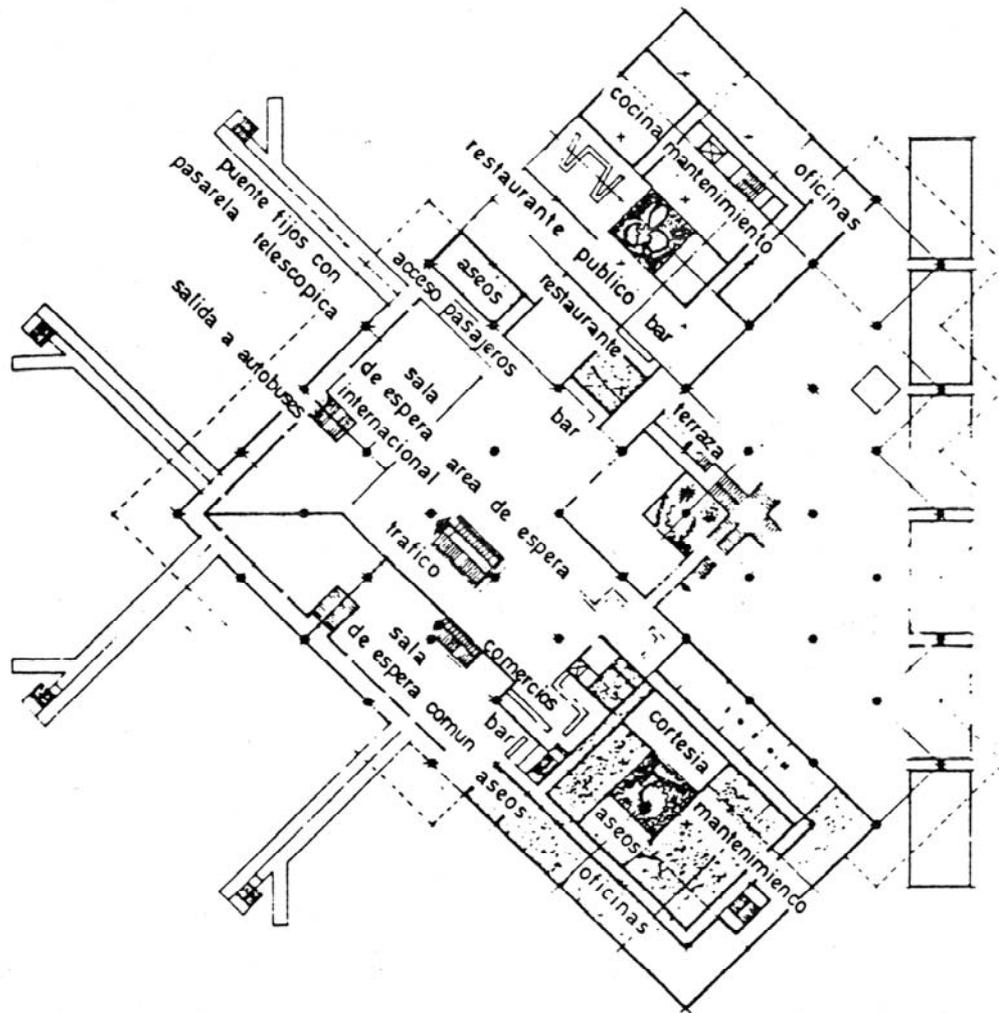
EDIFICIO TERMINAL CLASE 5

Tráfico anual

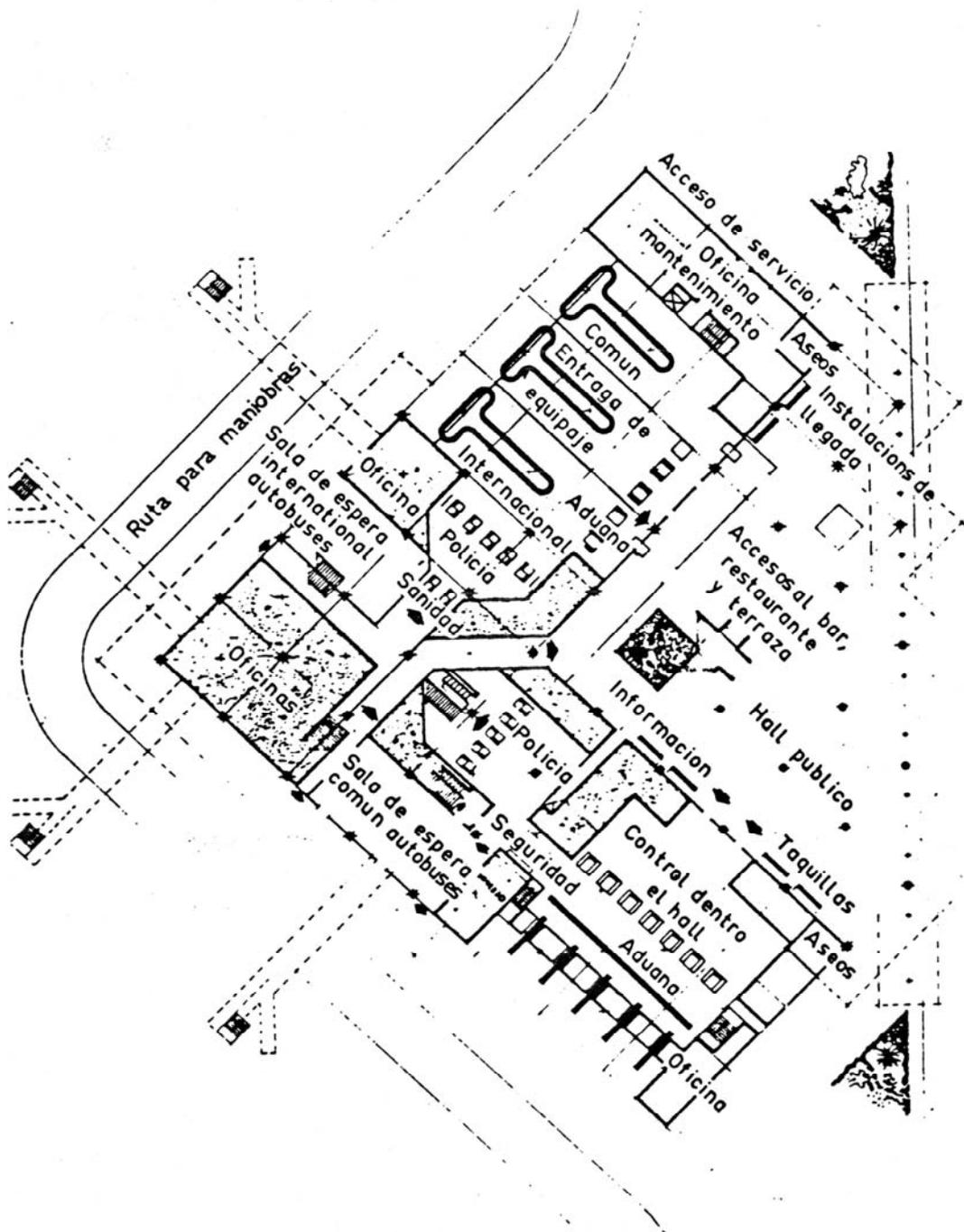
pax 300 000 a 1 000 000



EDIFICIO TERMINAL CLASE 5
Tráfico anual pax 100 000 a 300 000



EDIFICIO TERMINAL CLASE 6
Tráfico anual pax 100 000 a 300 000
(Primer piso)



EDIFICIO TERMINAL CLASE 6

Tráfico anual pax 300 000 a 1 000 000
(Nivel pasajeros)

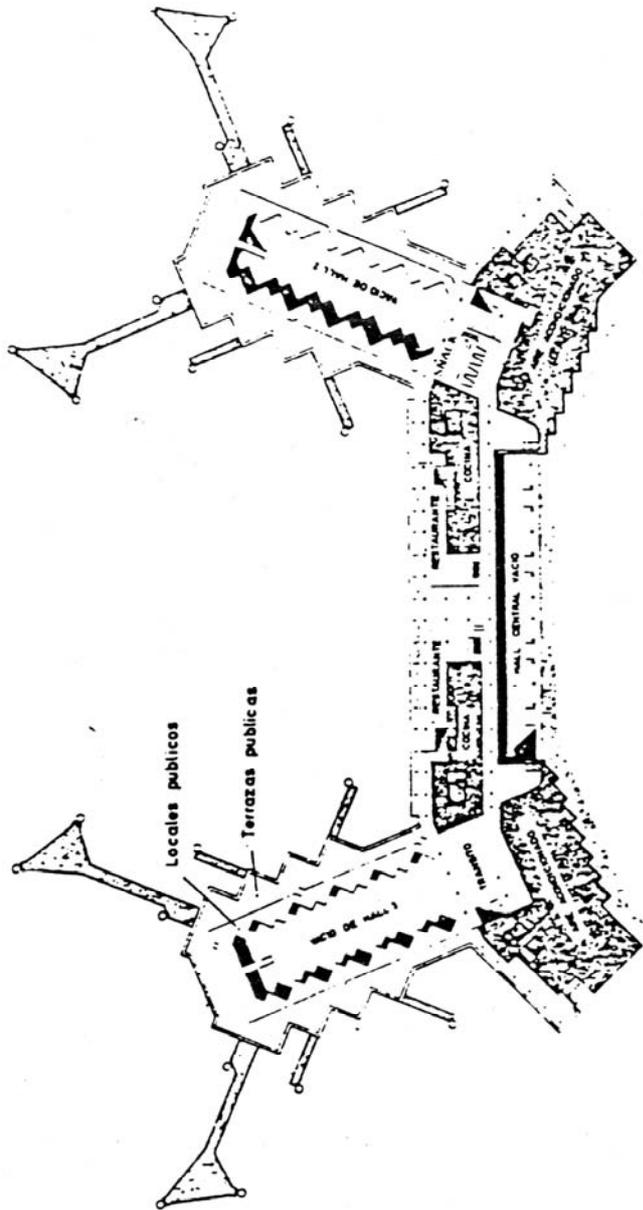


El primer piso se encuadra a los 10 m y a nivel de "Salida".
Este nivel comprende la galería de salas, muy rica sobre 2 niveles del lado oeste y un nivel más este, las mostradores de información y venta de boletines, las salas de registro de pasajeros, las áreas de concesiones, almacenaje y las áreas administrativas.
Las galerías de "salidas" de hall se continúan anteriormente por medio de puentes tipo adaptador con pasarelas intersecciones a nivel. También para permitir un alto al nivel de acceso de pasajeros a las áreas bajo el abrigo de la estructura y un cambio de nivel.

PRIMO PISO
NIVEL DE SALIDA



EDIFICIO TERMINAL CLASE 7
Tráfico anual > 300 000 pax



El 2º piso tiene por más .800 y se considerará esencialmente como el nivel de restauración y las instalaciones de administración.
Compendiendo
- Los restaurantes orientados con una vista hacia la plataforma y hacia la galería de salida.
- Cocinas
El público será recibido a través del pasillo que rodea cada hall

2º PISO RESTAURANTES Y TERRAZA

EDIFICIO TERMINAL CLASE 7
Tráfico anual > 300 000 pax



5.7 PAVIMENTOS

El diseño estructural es uno de los puntos más importantes en el proyecto de aeropuertos. Por lo que aquí se mencionaran los aspectos más importantes a considerar para determinar el espesor y tipo de pavimentos de acuerdo a las necesidades y función de cada elemento donde sea indispensable.

La correcta elección del tipo de pavimento, para cada una de las estructuras por las cuales transitaran los aviones, así como la calidad de los materiales utilizados, redundara en la seguridad de los usuarios y equipos de vuelos, y por tanto el buen funcionamiento del aeropuerto. Es por ello que en la ejecución de trabajo de pavimentos debe tenerse especial control.

En el diseño estructural de pistas, rodajes y plataformas, intervienen varios elementos, como son el terreno de cimentación, las terracerías y el pavimento. El buen funcionamiento de todo el conjunto estará en función de las características de cada uno de sus componentes, así como de la interacción entre ellos mismos.

Para el funcionamiento optimo de cualquier superficie de rodamiento que este expuesta a un transito vehicular, será necesario proporcionar un tratamiento a base de carpetas asfálticas y de concreto hidráulico, dependiendo de las intensidades de rodaje y de las operaciones críticas que se realicen en el lugar.

Esto es, cuando se tenga un transito de baja capacidad de carga se recomendará un pavimento de concreto asfáltico debido a las características apropiadas de capacidad y economía que presenta el material.

En caso contrario, en donde existan cargas considerables, se aplicara un tratamiento a base de losas de concreto hidráulico, para absorber los esfuerzos provocados por las cargas dinámicas y estáticas del vehiculo.

Con respecto a aeropuertos, las consideraciones se toman de la misma manera, y habrá que tener el criterio y conocimiento necesarios para los diferentes usos de los pavimentos que se quieran proponer en las zonas operativas y de transito dentro del aeropuerto.

PAVIMENTOS

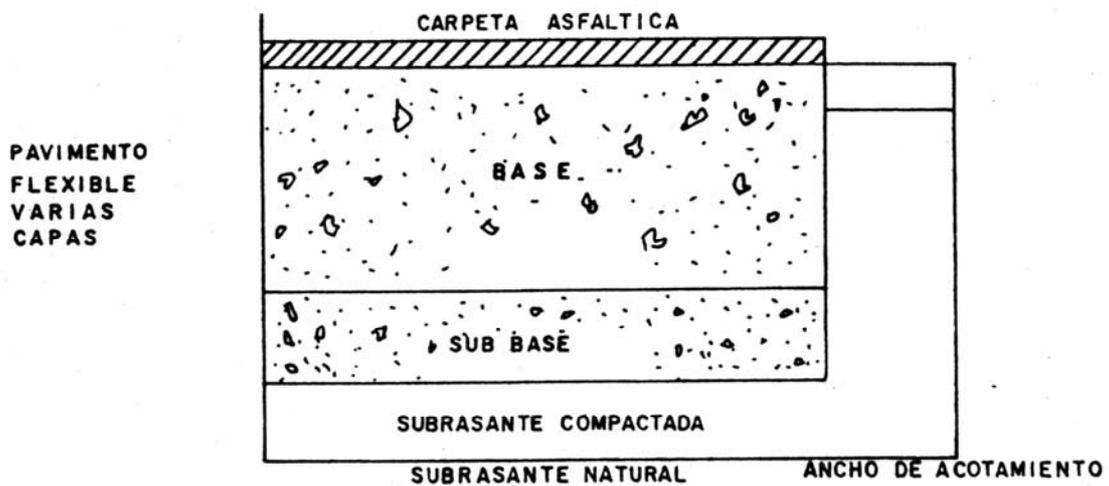
Se define como pavimento a la estructura consistente en una o más capas de materiales apropiados, cuya finalidad principal es la de proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito adecuado de los vehículos distribuyendo convenientemente las cargas concentradas de tal manera que la capacidad de soporte de las capas no se exceda.

El pavimento siempre deberá estar apoyado sobre una capa fundamental que se denomina capa subrasante, la cual, a su vez, se desplanta sobre las camaras de corte o terraplen, que viene a construir las terracerías.

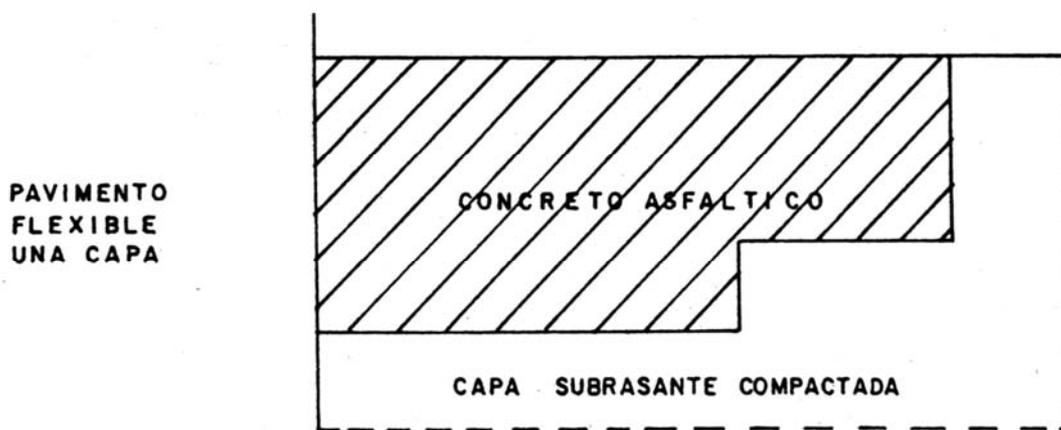
A partir de la estructura con que usualmente se construyen los pavimentos, unas específicamente, la capa superficial o carpeta, estas estructuras se clasifican en dos grupos, que se explicaran a continuación:

➤ PAVIMENTO FLEXIBLE.

Está constituido por una carpeta asfáltica, relativamente delgada que actúa como una superficie de rodamiento, la carpeta asfáltica se apoya sobre la carpeta llamada base y esta a su vez sobre la capa denominada subbase.



La subbase puede descansar sobre una subrasante mejorada debajo de la cual se encuentra la subrasante natural o suelo natural.





CAPAS QUE CONSTITUYEN EL PAVIMENTO FLEXIBLE

a) Carpeta Asfáltica ó Capa Superficial Bituminosa.

Proporciona una superficie de rodamiento uniforme y bien aglutinada, de tal manera que no se le suelten partículas que puedan poner en peligro a los aviones.

b) Base

Es la componente estructural mas importante de un pavimento flexible, su función primordial consiste en soportar los altos esfuerzos impuestos por las cargas concentradas aplicadas en la superficie del pavimento y distribuir las uniformemente.

c) Subbase.

Se considera como una parte integral de la estructura de un pavimento flexible. Sus funciones son similares a las de la base pero con menor capacidad de soporte.

d) Subrasante.

Los suelos de las capas subrasantes están sujetas a esfuerzos menores que los de las capas superiores del pavimento.

Con respecto a los materiales que los forman, la carpeta esta constituida con agregados pétreos aglutinados con un producto asfáltico. La base y la subbase se constituyen empleando agregados pétreos debidamente procesados, de calidad adecuada y densificados por medios mecánicos (compactación); en muchos proyectos conviene emplear en estas capas aditivos o cementantes, como cal, cemento Pórtland o asfalto, para mejorar sus características.

Los pavimentos flexibles tienen la ventaja de poder plegarse a pequeñas deformaciones de las capas interiores, sin llegar a la falla estructural. Tienen un menor costo inicial, aunque requieren de mayor mantenimiento.



TIPOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS CARPETAS ASFALTICAS

a) Carpetas Asfálticas Para el Sistema de Mezcla en el Lugar.

Son las que se construyen en las carreteras, autopistas o plataformas de trabajo mediante el mezclado, tendido y compactación de materiales pétreos y un material asfáltico.

El material asfáltico consiste en rebajados de fraguado rápido o medio, o emulsiones de rompimiento medio o lento.

b) Carpetas de Concreto Asfáltico.

Son las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente en una planta ó en planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos; de ser posible únicamente se pueden utilizar en la construcción de pavimentos aeronáuticos; ya que generalmente las carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, requieren de un mantenimiento más intensivo debido a su inferior calidad resultante del aglutinamiento asfáltico y de las dificultades del control de calidad durante su elaboración.

➤ PAVIMENTO RIGIDO

Un pavimento rígido esta formado por losas de concreto hidráulico simple o reforzado, que actúan simultáneamente como cuerpo estructural básico y como superficie de rodamiento.

Las losas pueden estar apoyadas, ya sea sobre una subbase, o bien directamente sobre la subrasante.

CAPAS QUE CONSTITUYEN EL PAVIMENTO RIGIDO

a) Losas de concreto hidráulico que constituyen la esencia del mismo.

Las funciones principales de las losas son:

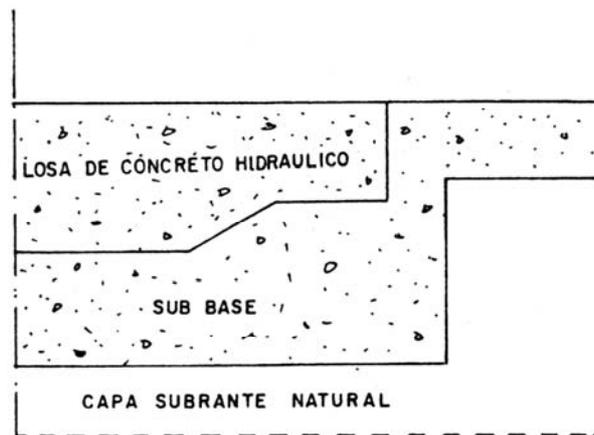
- Proveer una superficie adecuada de rodamiento.
- Distribuir adecuadamente las cargas concentradas de tal manera que la capacidad de soporte de la subrasante no se exceda
- Resistir los efectos abrasivos del transito
- Impedir al máximo la penetración del agua superficial a las capas de apoyo.

b) Subbase de Pavimento Rígido

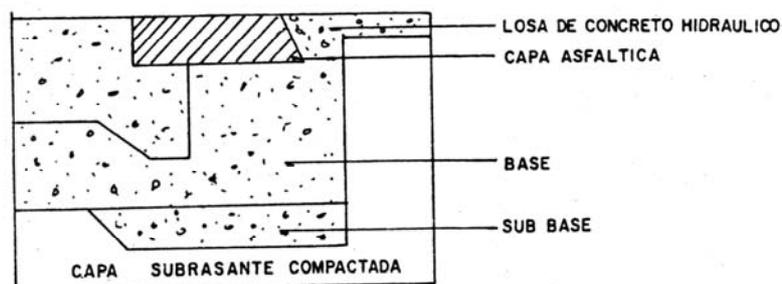
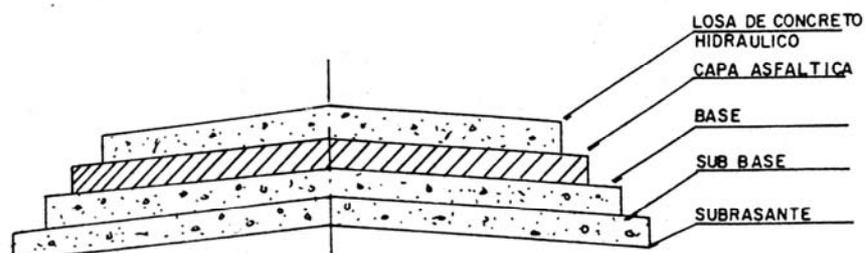
Las funciones de las subbases en los pavimentos rígidos son:

- Prevenir el fenómeno de bombeo, actuando como capa drenante.
- Proteger al pavimento contra la acción de las heladas.
- Proporcionar a la losa una superficie de apoyo más resistente.
- Facilitar la construcción de la losa.

Es conveniente anotar que un pavimento esta constituido por toda la estructura que se encuentra colocada obre la subrasante natural, cualquiera que sea el número de capas que forman dicha estructura.



PAVIMENTO RIGIDO



PAVIMENTO COMBINADO



A diferencia de los pavimentos flexibles, en los rígidos no se pueden aceptar deformaciones de las capas inferiores sin que provoque fallas estructurales

Este tipo de pavimentos tienen un mayor costo inicial, pero su vida útil es más larga y requieren mayor mantenimiento.

Aunque las especificaciones de pavimentos sean generales para todos los tipos de vías donde se utilicen, realmente existe una gran diferencia entre lo que es el diseño de pavimentos en aeropuertos y el de carreteras, debido a los distintos factores que se deben tomar en cuenta para cada uno.

Algunos de los factores que hacen esta diferencia se refieren en primer lugar, a que las cargas máximas de los aviones son mucho mayores (hasta 10 veces) que las de los vehículos que transitan por carretera, el número de operaciones en un aeropuerto puede llegar a 300 000 en toda su vida útil, mientras que en carreteras es hasta 8 000 vehículos diarios; la variabilidad en la posición de los vehículos, determinada por los cubrimientos, es baja en carreteras (8 pasadas: 2 cubrimientos); finalmente, las carreteras pueden tener la misma estructura de pavimento por varios kilómetros, mientras que en aeropuertos, existen diferentes estructuras debido a que la concentración de esfuerzos es distinta dependiendo de la velocidad de las aeronaves al transitar por cada elemento de la zona aeronáutica.

Todos estos factores deben tomarse en cuenta al diseñar los pavimentos en un aeropuerto.

Como se dijo antes, los daños más serios en una aeropista ocurren en aquellos sitios en donde las aeronaves transitan a bajas velocidades o donde se estacionan. Por ello es muy importante conocer la geometría del aeropuerto, previamente al diseño de las estructuras que han de soportar el rodamiento de las aeronaves. Además, es conveniente mencionar, que el mayor número de repeticiones de carga se producen al centro de las áreas pavimentadas de los aeropuertos.

Otro factor importante al considerar en el diseño de pavimentos en aeropuertos son los neumáticos, y el peso de los aviones, estos factores influyen en la longevidad del pavimento y en su espesor, ya que últimamente el peso de los aviones ha aumentado considerablemente; y por lo tanto la presión de los neumáticos también, lo que provoca un riesgo en la perforación de los revestimientos. Por lo tanto, las autoridades aeroportuarias han marcado límites de acuerdo a la presión de los neumáticos, y para compensar el aumento de las cargas se han hecho aviones con mayor número de llantas y trenes de aterrizaje (B 747, DC 10), lo que ha reducido las inversiones que se hubiesen utilizado para construir pistas que soporten dicha recarga.

Por lo tanto, una de las variables más significativas en el diseño estructural de aeropistas, es el tránsito aéreo. Dentro de lo cual se deben recabar los siguientes elementos:

a) **Peso Total de las Aeronaves.**

Se utilizan para fines de diseño de espesores y para determinar el tipo de pavimento.

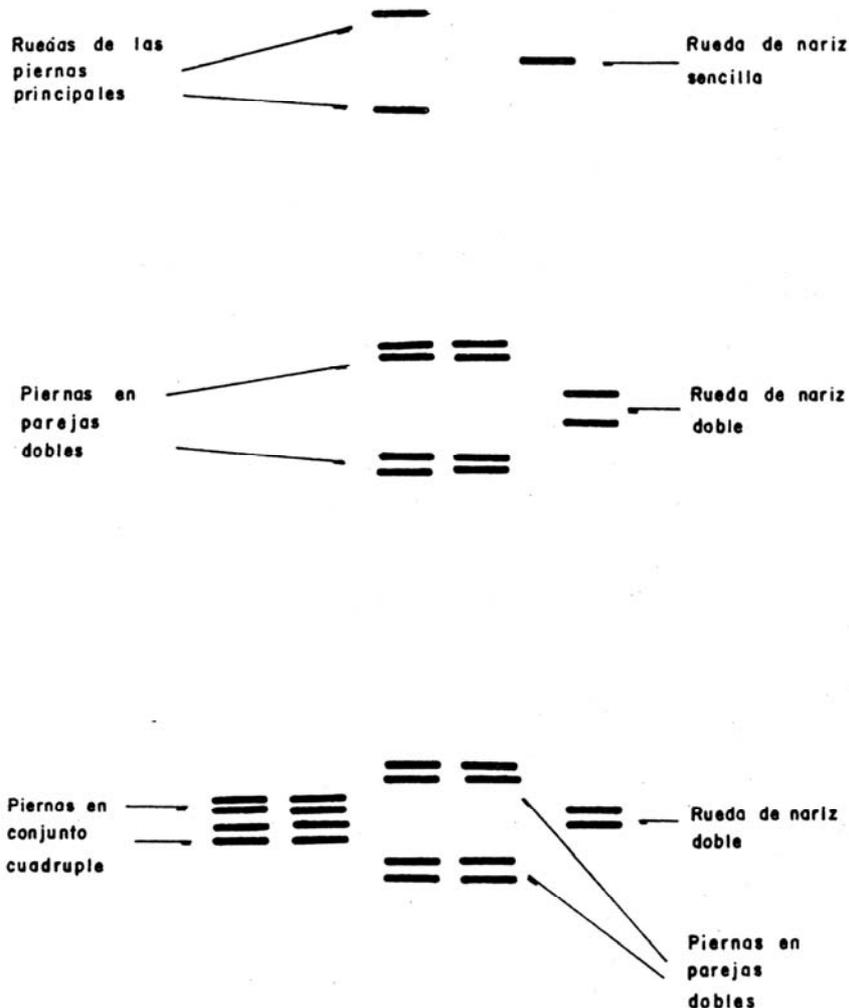
b) **Descarga Por Rueda**

Para el calculo de la carga aplicada por rueda del tren de aterrizaje principal, se supone el 90% de la carga del avión se aplica en forma uniforme sobre el tren principal y el resto en el tren nariz.

c) **Número y Arreglo de las Ruedas**

La importancia de conocer el número de ejes y ruedas, es la de poder estudiar la magnitud de los esfuerzos en la estructura vial, y la manera en que se distribuyen.

Las posiciones de las ruedas de los aviones pueden ser:





Actualmente existen aeronaves de dos, tres y hasta cuatro piernas en el tren de aterrizaje, con arreglos de llantas que pueden ser ruedas simples, gemelas o sistema TANDÉM.

Se les denomina pierna al conjunto de ruedas que cuando el avión levanta el vuelo guarda en su compartimiento.

d) Presión de Contacto

Se define como el esfuerzo normal máximo provocado por las llantas en la superficie de pavimento. Para efectos de diseño, se supone que dicha presión es idéntica a la presión de inflado de las llantas.

e) Número de Repeticiones de la Carga

Es necesario para el cálculo del espesor del pavimento, ya que en base a esta se determina su desgaste a partir del número de cargas repetidas que soportara a lo largo de su vida útil.

f) Mezclas de los Diversos Tipos de Aeronaves

Es necesario conocer los tipos de aeronaves para que en base a estos determinar el avión crítico, sobre el cual debe calcularse la equivalencia de los efectos sobre el pavimento de los distintos aparatos que forman el tránsito real esperado en el aeropuerto, en función del avión crítico esperado.

g) Tasa de Crecimiento

Deben considerarse las previsiones de tránsito aéreo para poder diseñar un pavimento que pueda admitir la cantidad de tránsito aéreo en el futuro, así como para determinar el mantenimiento de este en base a su crecimiento.

Después de analizar todos los puntos anteriores, podemos iniciar propiamente el proyecto estructural de pavimentos en el aeropuerto. Para ello es esencial tanto el conocimiento del subsuelo sobre el que se van a cimentar las estructuras viales, como el establecer los bancos de materiales idóneos para su construcción. Los estudios de campo y laboratorio, los recorridos e inspecciones geológicas, así como los análisis que determinan estas condiciones, deben realizarse con mucho cuidado, ya que de ellos dependen algunas recomendaciones, tanto para el proyecto, como para definir los procedimientos de construcción.



SELECCIÓN DEL TIPO DE REVESTIMIENTO

Los dos tipos de revestimiento, rígido o flexible son elegidos en función de dos tipos de criterios:

a) Criterios Técnicos

Se agrupan los relacionados al comportamiento del pavimento, y deben analizarse:

- Capacidad estructural.
- Vida útil del aeropuerto.
- Requerimientos de conservación.
- Características mecánicas de subsuelo.
- Características mecánicas de las terracerías.
- Factores ambientales.
- Transito aéreo previsto.
- Materiales disponibles

Para seleccionar el tipo de pavimento considerando los criterios técnicos hay que considerar que los pavimentos flexibles son mucho menos sensibles a los hundimientos del suelo de cimentación que las losas de concreto de un revestimiento rígido. Inversamente, en terrenos muy malos, los espesores de estructuras viales flexibles adquieren mucha importancia.

En aeropuertos de rápido desarrollo, los esfuerzos sucesivos de las estructuras viales para acoger aviones cada vez más pesados son mucho más fáciles que un revestimiento flexible.

b) Criterios Económicos

Estos se encuentran relacionados directamente con la economía de la obra. Dentro de los cuales se deben analizar:

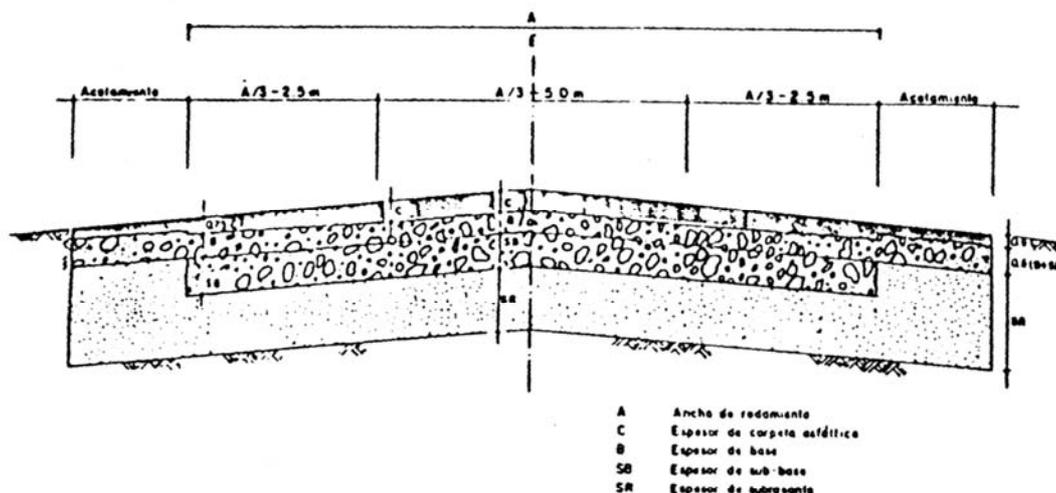
- Disponibilidad de fondos.
- Inversión inicial.
- Análisis de construcción por etapas.
- Costos de conservación contra costos de reconstrucción.

- Condiciones de operación en el aeropuerto.
- Disponibilidad de materiales.
- Niveles de seguridad de la superficie de rodamiento.
- Niveles de comodidad de la superficie de rodamiento.
- Condiciones de los planes de expansión.

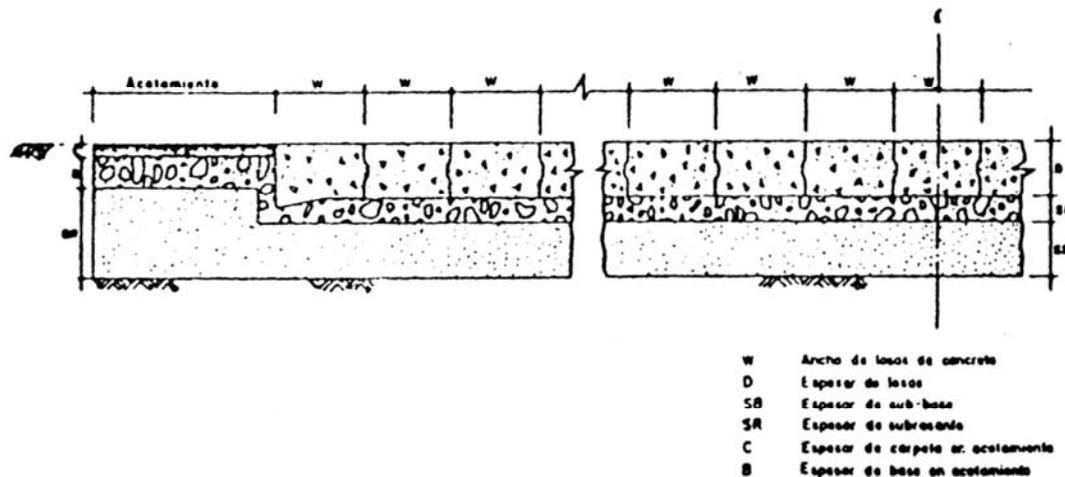
En cuanto a las condiciones del terreno, se recomienda que cuando este tenga buena resistencia, los revestimientos flexibles son preferibles; con igual espesor, el concreto es efectivamente dos veces más caro que los productos bituminosos; ahora, los espesores de revestimiento flexible varían mucho más rápidamente que los espesores de concreto.

Puede preferirse el concreto cuando la región donde este implantado el aeropuerto es pobre en agregados de buena calidad y cuando estos deben ser importados de lejos en condiciones difíciles.

En los casos de suelos compresibles tales como los que se encuentran en México, es preferible usar revestimientos flexibles que toleran fácilmente recargamientos bituminosos sucesivos.



COMPONENTES DE UN PAVIMENTO ASFÁLTICO



SECCION ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO

CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO DE LOS REVESTIMIENTOS

Los revestimientos de pistas y calles de rodajes están sometidos a los mismos esfuerzos; sin embargo el tránsito se canaliza más hacia las calles de rodaje. Por consiguiente, tendrán la misma estructura y casi el mismo espesor.

Cabe observar que el centro de la pista, así como las calles utilizadas solamente para las salidas de pista, están menos cargadas que el resto de los revestimientos, ya sea por que al adquirir mayor velocidad el avión alivia su peso, o bien, por que al aterrizar el avión pierde parte de su carburante, y por consiguiente el peso podrá ser disminuido.

En realidad, la disminución es a menudo mínima y la diferencia de nivel en el fondo de concreto, así como la complejidad que este tipo de trabajo acarrearía, anula prácticamente las economías realizadas sobre los materiales empleados.

Con respecto a los acotamientos de las pistas estas pueden ser de espesores inferiores al de las pistas. Esto es considerando que estas zonas reciben un tránsito reducido o nulo.

Con respecto a las aéreas de plataforma, se considera que están sometidas a mayor esfuerzo debido a que en estas los aviones están inmobilizados o nulos pero considerando que el número de carga soportada por estas se compensa con las limitaciones elevadas de carga soportada por ellas. Es por eso que se adoptara para las áreas de plataforma una estructura de revestimiento equivalente a la de las pistas.

Sin embargo, considerando el hecho que las superficies de áreas de estacionamiento están particularmente expuestas a los derrames accidentales de hidrocarburos, se recomienda realizar las áreas, ya sea de concreto, de cemento, o bien, de concreto bituminoso con tratamiento anti-keroseno.



En resumen, al elegir la superficie de pavimento, esta deberá depender de la masa de la aeronave de la distribución de la carga, del estado del terreno natural y del costo de materiales que se elijan.

El concreto reforzado se utiliza en los aeropuertos en las que se operan aeronaves muy pesadas, ya que este material representa mayor resistencia y durabilidad.

En la mayoría de los aeropuertos, se utilizan carpetas asfálticas para satisfacer los requisitos de resistencia, de drenaje y estabilización. Las instalaciones que son pavimentadas con concreto reforzado, suelen ser más caras que las de asfalto, pero su mantenimiento es menos costoso y de mayor duración. Además, los efectos de los derrames del combustible de los reactores suelen ser relativamente nulos en el concreto, mientras que una superficie de asfalto sufre daños si el combustible permanece incluso durante corto tiempo.

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTO ASFALTICO

Para calcular el espesor de pavimentos tanto flexibles como rígidos, en México se ha adoptado el Método de la Administración Federal de Aeropuertos (FAA), a partir de los datos siguientes:

- Índice C.B.R. del suelo para los revestimientos flexibles
- Resistencia a la flexión del concreto para pavimentos rígidos
- Modulo de reacción del suelo para revestimientos rígidos
- Peso y geometría del tres de aterrizaje para ambos

En este método se elige la aeronave crítica, que es aquella que mas daño puede causar al pavimento, combinando su peso con el número de operaciones, y por lo tanto, la que en forma individual requiere el mayor espesor del pavimento.

Una vez elegida esta aeronave, se encuentra el número de repeticiones anuales que se tendrían debido a todas las aeronaves que operarían en la vida útil de la obra. Para ello se encuentra el número de operaciones equivalentes relacionadas con la aeronave que se halla elegido como critica.

Primero, el número de operaciones (R^2) en la vida útil de la obra se multiplica por los factores que se dan en seguida, para encontrar el número de operaciones equivalentes (R_2), las cuales están en función del tipo de pierna de cada aeronave y de la aeronave tipo. Luego el número de operaciones equivalentes se encuentra con la formula:

$$\log R_1 = \log R_2 (P_2 / P_1)^{1/2}$$



En donde P2 es el peso de la pierna de las diferentes aeronaves y P1 el correspondiente a la pierna de la aeronave tipo.

COEFICIENTE DE CORRECCION DEL NUMERO DE SALIDAS EN FUNCIÓN DE LA GEOMETRIA DEL TREN		
Pasar de un tren de un tren de aterrizaje a	A un tren de aterrizaje	Multiplicar el número de salidas por
Rueda simple	Ruedas gemelas	0.8
Rueda simple	Bogie	0.5
Ruedas gemelas	Bogie	0.6
Ruedas gemelas	Rueda simple	1.3
Bogie	Rueda simple	2.0
Bogie	Ruedas gemelas	1.7
Doble bogie (747)	Ruedas gemelas	1.7
Doble bogie (747)	Bogie	1.0

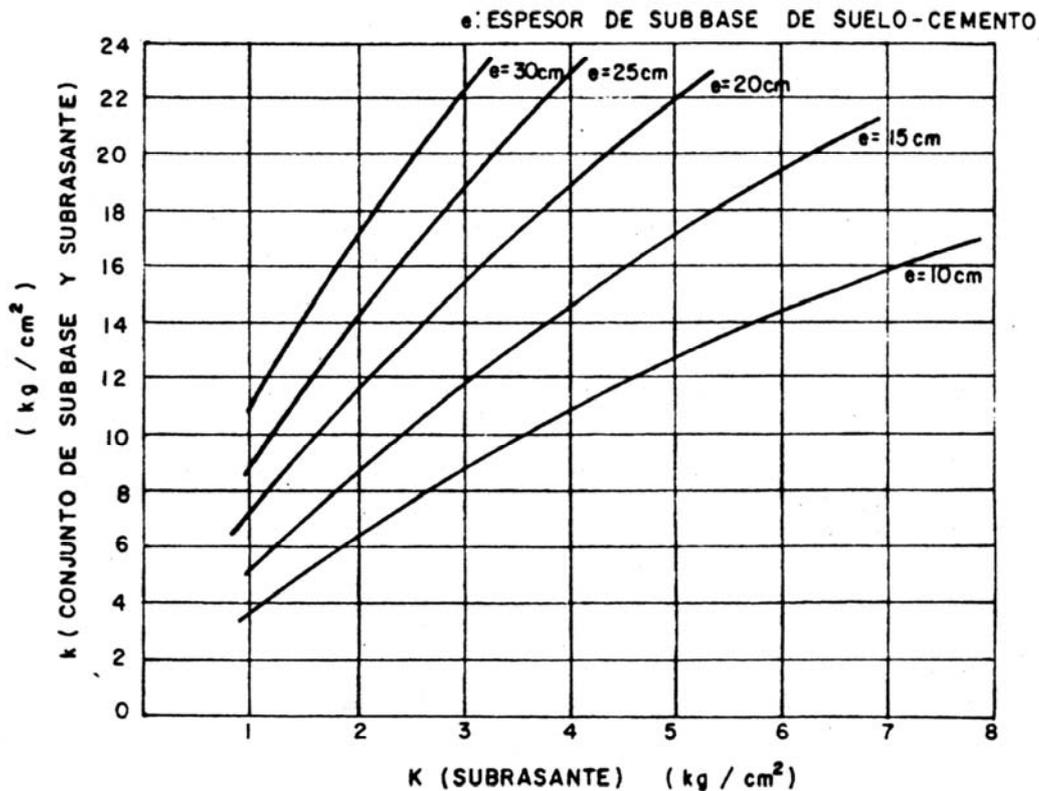
Hasta aquí se sigue el mismo procedimiento para ambos tipos de pavimentos; a continuación se especifica el procedimiento final de cada uno a partir de las operaciones equivalentes.

PAVIMENTO FLEXIBLE

Una vez obtenido el número de operaciones equivalente, y conociendo el C.B.R. del suelo, así como el peso del avión, se encuentra a partir de estos el espesor de pavimento flexible en áreas críticas, entrando a la grafica correspondiente según el tipo de tren de aterrizaje, ya sea, con rueda simple, ruedas gemelas o bogie simple. Estas graficas se muestran a continuación. También se muestra una grafica que da los espesores de pavimento cuando el peso total del avión es inferior a 30 000 libras (13.5 ton).

PAVIMENTO RIGIDO

Una vez obtenidos los datos referentes al peso del avión, resistencia a la flexión, y número de operaciones equivalentes anuales, se corrige el modulo de reacción a partir de la figura siguiente.



Nomograma Para Encontrar el Modulo de Reacción Corregido en Función de la Subrasante y el Espesor de la Subbase de Material Granular Rigidizado

En el caso de que se intercalen entre el suelo de cimentación y el concreto, una capa de base de materiales pedregosos tratados o no. Una vez obtenidos todos estos datos se proceden a utilizar las graficas, proporcionando varias en función del tipo de tren de aterrizaje.

El espesor de pavimento de los acotamientos de la pista, cuando existen, pueden ser inferiores al de la pista, en efecto hay que considerar que estas zonas reciben un tránsito reducido o nulo. En la práctica, se adopta un coeficiente de 0.9 en zonas menos críticas y de 0.7 para zonas de acotamiento. También se muestra un plano de zonificación de la estructura de los pavimentos en un aeropuerto tal como se usa en el país.

Para finalizar, es importante mencionar que los pavimentos rígidos deben tener especial cuidado en el diseño de las juntas, cuyo fin es controlar los agrietamientos producidos por los movimientos de dilatación y contracción de las losas.

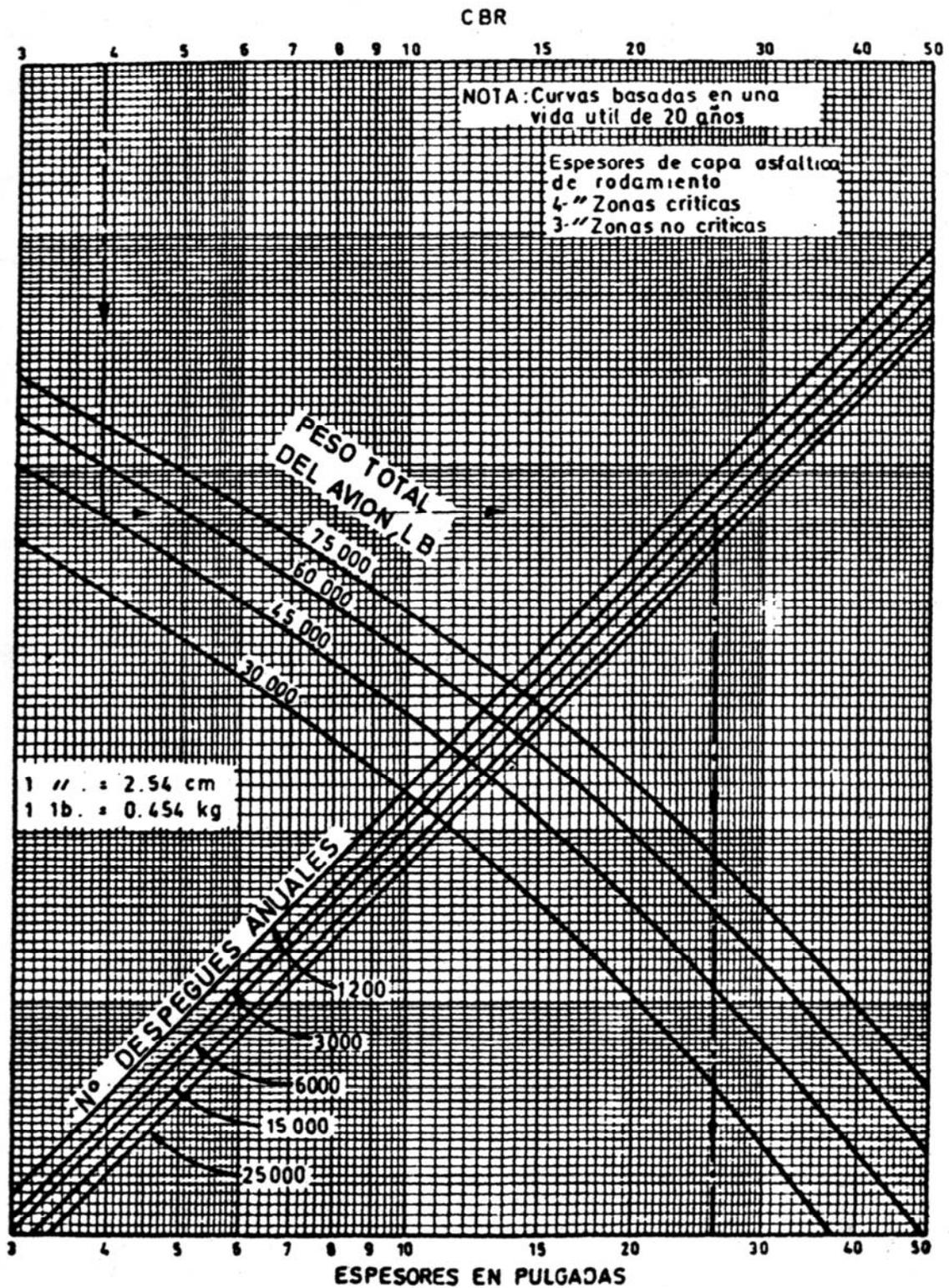
Las losas pueden ser de diferentes tipos, como son:

- Juntas longitudinales.
- Juntas transversales de contracción.

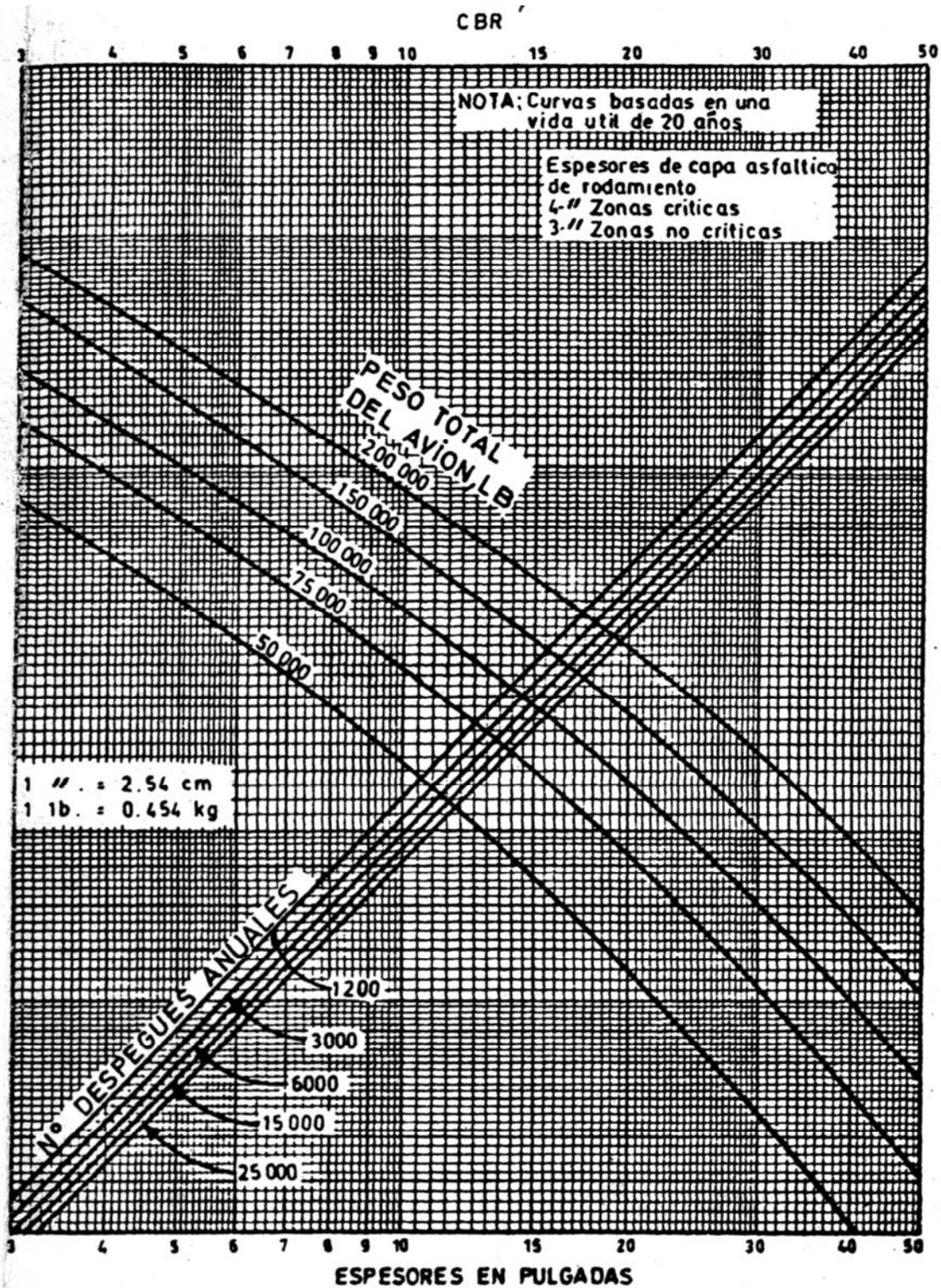


- Juntas de expansión.
- Juntas de transición.
- Juntas transversales de construcción.

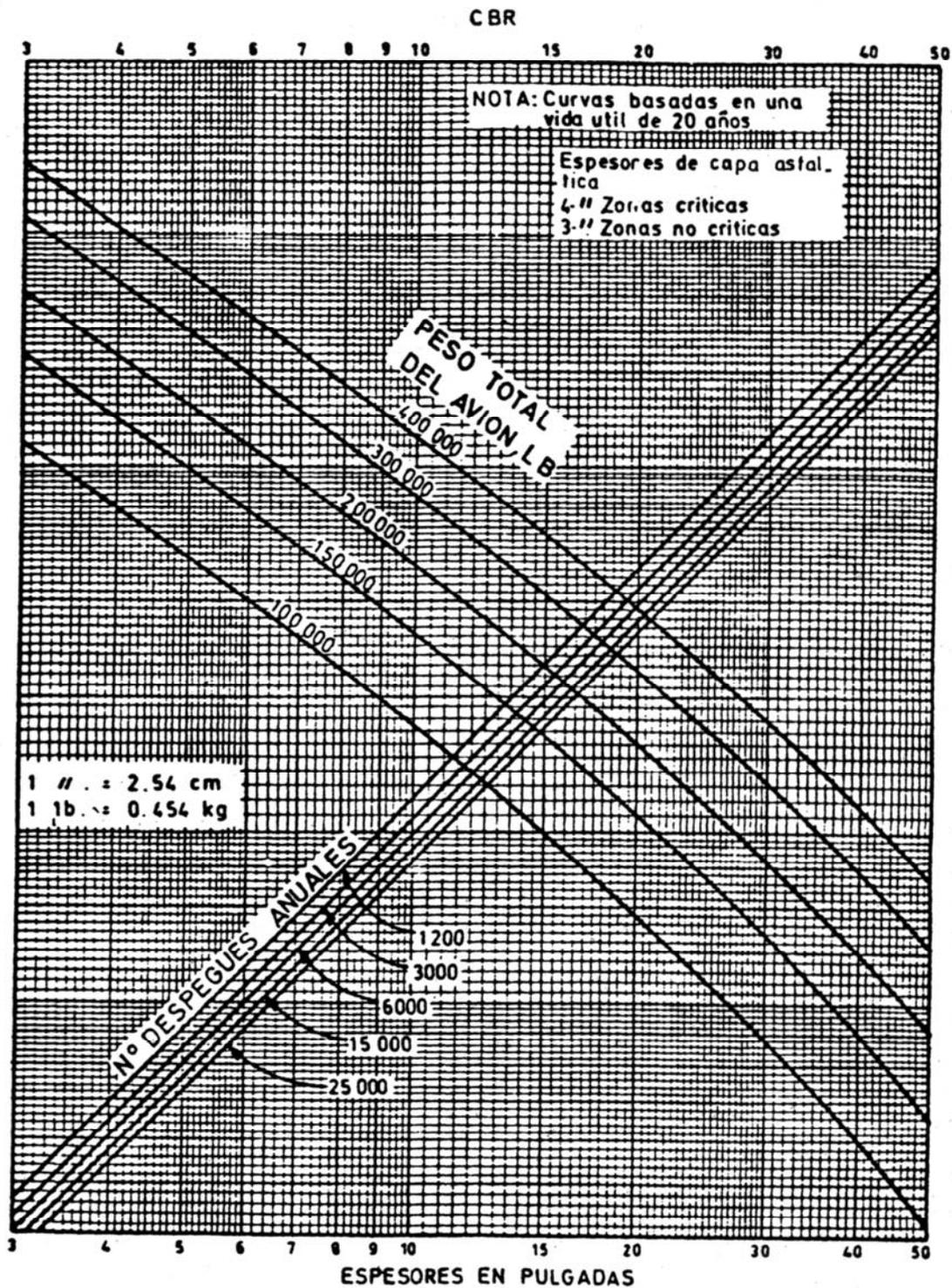
Como parte final del proyecto de pavimentos, es importante mencionar que se debe hacer una evaluación entre los dos tipos de pavimento considerando todos los factores mencionados con anterioridad, como son los criterios técnicos y los económicos, para que el aeropuerto pueda funcionar de manera óptima



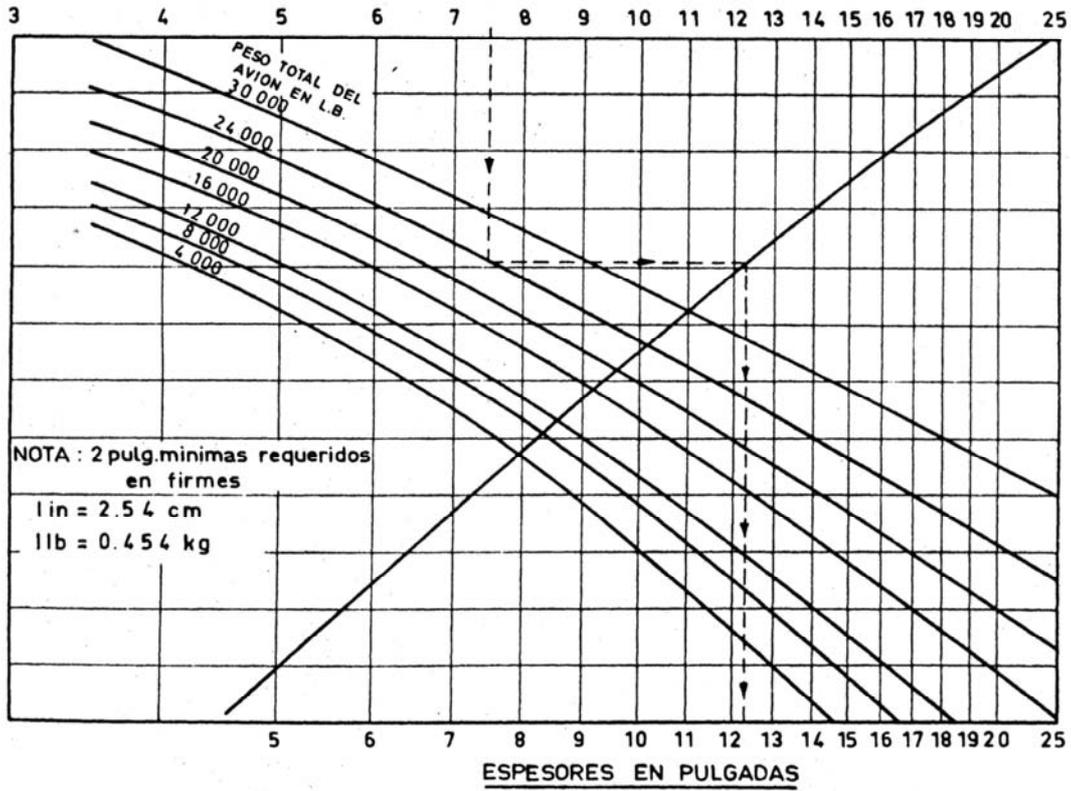
CURVAS DE CALCULO PARA ESPEORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN AREAS CRITICAS TREN DE ATERRIZAJE CON RUEDA SIMPLE



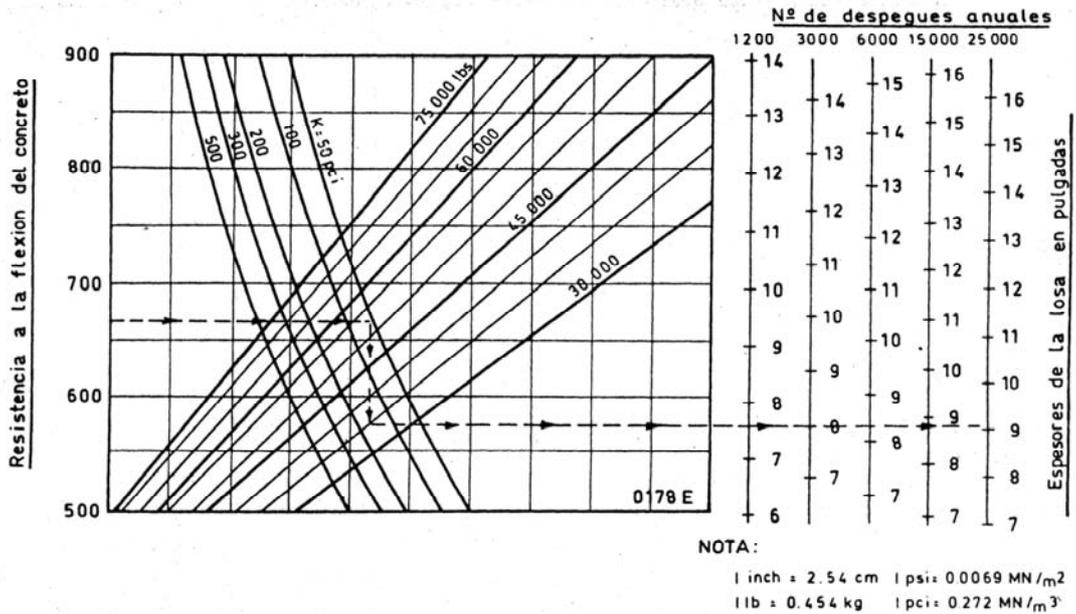
CURVAS DE CALCULO PARA ESSESORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN AREAS CRITICAS TREN DE ATERRIZAJE CON RUEDAS GEMELAS



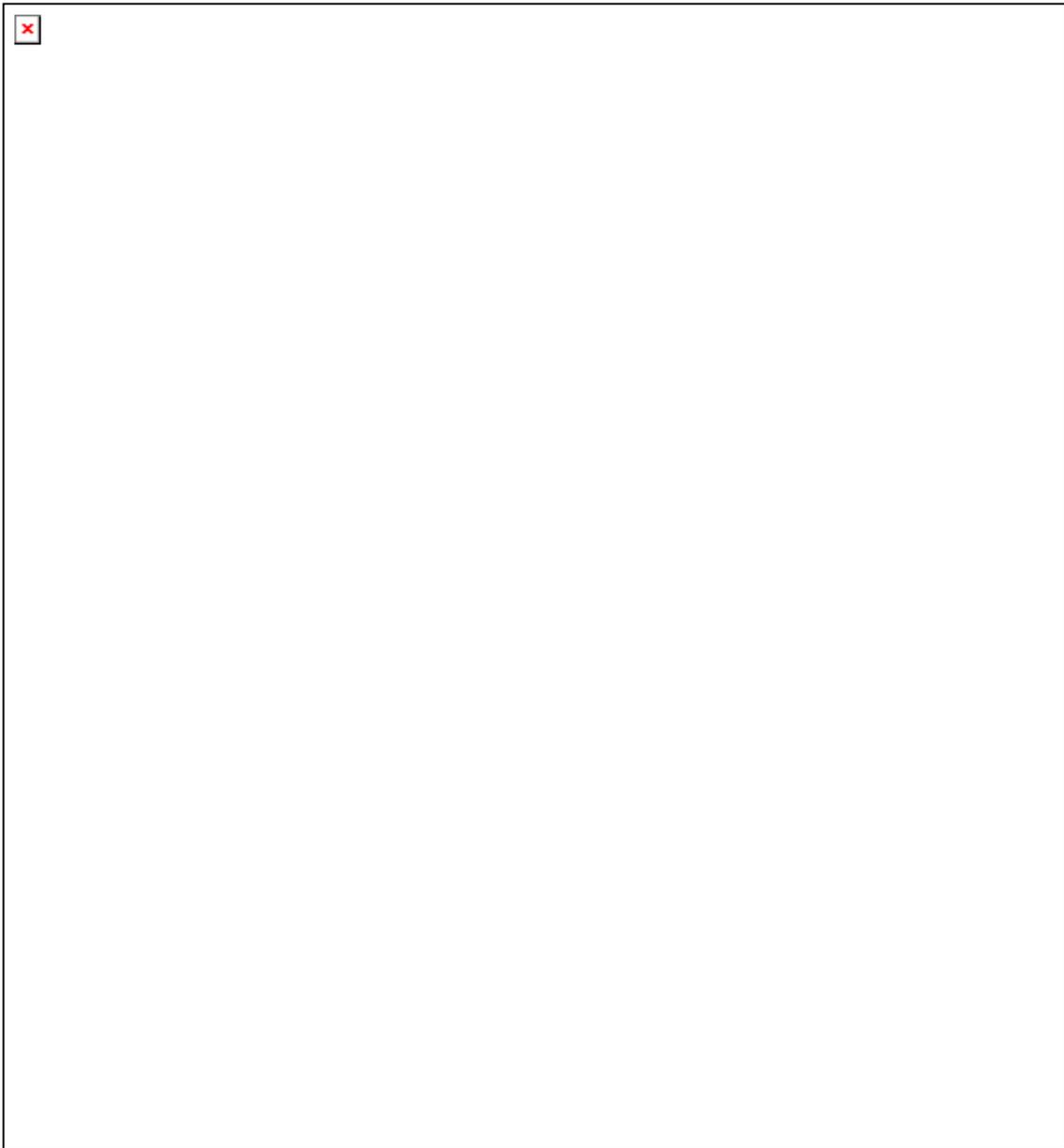
CURVAS DE CALCULO PARA ESPEORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN AREAS CRITICAS TREN DE ATERRIZAJE CON BOGIE SIMPLE



CURVAS DE CALCULO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES - AVIONES LIGEROS



CURVAS DE CÁLCULO PARA PAVIMENTOS RIGIDOS
TREN DE ATERRIZAJE EN RUEDA SIMPLE



COEFICIENTE PARA LA ACCION DE LA ESTABILIZACION DE LA SUBBASE



5.8 ZONA DE COMBUSTIBLES

La zona de combustibles reviste gran importancia dentro del proyecto aeroportuario, y de manera general este se refiere al suministro de combustible y la localización de la zona para almacenamiento.

Para poder determinar el suministro de combustible, es necesario determinar el tipo de combustible que utilizaran las aeronaves y la cantidad de este.

Los combustibles que se utilizan en los aeropuertos pertenecen a dos categorías diferentes: Las gasolinas de avión y los carburantes para reactores.

ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES

Para determinar la capacidad de los depósitos se estima en base a los pronósticos teniendo en cuenta:

- a) Tipos de aeronaves que utilizan el aeropuerto.
- b) Frecuencia de vuelos, o bien intensidad del tránsito.
- c) Tipo de combustible requerido por aeronave.

Con estos datos se obtiene la duración del almacenamiento, esta duración varía según el tipo y frecuencia con que se puedan abastecer los depósitos a través de las refinerías, pero esta no debe ser inferior a tres días de consumo, en casos en que sea difícil abastecer con regularidad los tanques de almacenamiento deben tener capacidad para 15 o más días.

Teniendo como dato la duración del almacenamiento y conociendo el consumo diario a partir del número y distribución de los aviones que frecuentan el aeropuerto, se obtiene la capacidad del depósito de almacenamiento multiplicando los dos factores antes mencionados.

En la tabla siguiente se presentan los valores aproximados de la capacidad de almacenamiento según la categoría del aeropuerto.

CLASE DE AEROPUERTO	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
1	3 a 30 m ³
2	20 a 50 m ³
3	50 a 200 m ³
4	100 a 500 m ³
5	100 a 500 m ³
6	500 a 2 000 m ³
7	más de 5 000 m ³



El aprovisionamiento de combustible a los depósitos se hace mediante camiones cisternas, los cuales pueden ser abastecidos por vía férrea, por agua o ensamblados a un oleoducto. El sistema de entrega a utilizar puede influir mucho en el costo de inversión del aeropuerto, en casos en los cuales es muy difícil el transporte del combustible al aeropuerto.

DISTRIBUCION DEL COMBUSTIBLE

En un primer momento, correspondiente a la puesta en servicio, el abastecimiento a los aviones se realiza mediante camiones cisterna, los cuales existen con capacidad hasta por 80 000 litros provistos para un caudal global de 240 m³/hr con distribución por plataforma para aviones grandes y por tubos flexibles para aviones clásicos. Su ventaja es que pueden trasladarse a cualquier parte, aunque únicamente dentro del aeropuerto, ya que sus dimensiones sobrepasan el galibo carretero, además de que tiene capacidad restringida y no son de suministro continuo.

En el caso de que el aeropuerto tenga mucho tráfico, surgen problemas con el abastecimiento por medio de camiones cisterna, ya que pueden obstruir otro tipo de operaciones en plataforma, por lo tanto es conveniente instalar oleoductos por debajo de la plataforma, que vayan desde los depósitos a los lugares de estacionamiento. En los lugares de estacionamiento hay bocas de salida o tomas de carburante, las cuales se colocan a un vehículo de distribución, y este a su vez se conecta a las salidas de los hidrantes de las aeronaves. Este sistema es ventajoso debido a que tiene servicio continuo, es posible conseguir una flexibilidad comparable a los carros cisterna, si se ubican adecuadamente las tomas a utilizar con las aeronaves actuales, y se proveen las necesidades a futuro.

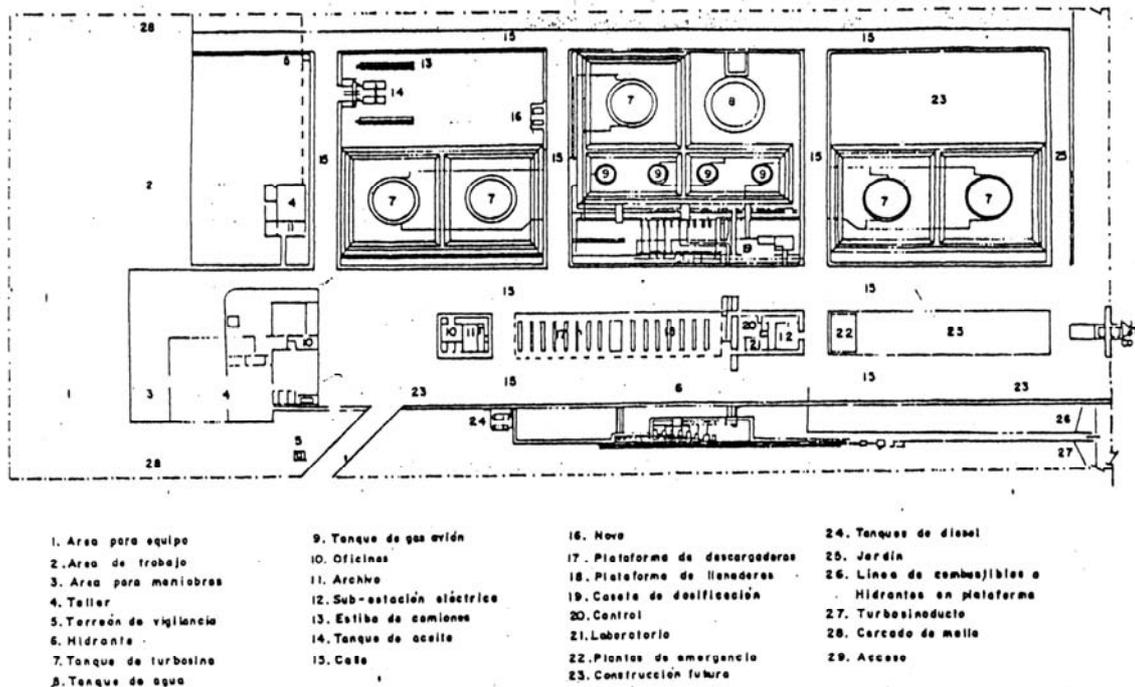
También existe otro sistema de almacenamiento, utilizable para aeronaves chicas, están equipados con un contador de volumen tipo carretero, agrupando en un mismo carter, bomba, filtro y contador. Cuentan con un tubo flexible suficientemente largo como para asegurar el abastecimiento a las aeronaves. La ventaja de este sistema es que cuenta con servicio continuo de combustible, además de que los tanques son subterráneos lo que lleva a eliminar los camiones cisterna.

Debe considerarse además la capacidad de los depósitos de almacenamiento y del tipo de distribución, la localización de la zona de almacenamiento, en la cual se deben considerar los siguientes factores:

- a) Especificaciones para la operación de las aeronaves en un aeropuerto, ya que no deben ser obstáculo para el movimiento de las mismas.
- b) Deben preverse ampliaciones futuras.
- c) Debe estudiarse la localización en cuanto a la forma de suministro de combustible a la zona, pues debe resultar más económico, que este localizado cerca de un camino, muelle, vía de ferrocarril o un oleoducto.

- d) Debe estudiarse la topografía del terreno, ya que si se ubica en una zona alta ahorra energía en los motores de las bombas.
- e) Debe ubicarse lo más cerca a las plataformas de operaciones.
- f) Que no esté cerca de un foco de posible incendio.

Finalmente, es importante mencionar que los tanques de almacenamiento pueden ser cilíndricos, verticales, cilindro horizontal, esféricos, cúbicos, etc., y pueden estar instalados en forma subterránea o en la superficie. Estos tanques además deben contar con un sistema en caso de incendios, un equipo para prevenir descargas eléctricas, debe estar cercado perimetralmente y debe tener muros de contención para detener el combustible derramado.



ALMACEN DE COMBUSTIBLE AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO



5.9 OTRAS EDIFICACIONES

VIALIDAD

Dentro de las instalaciones con que debe contar un aeropuerto no pueden faltar las que son diseñadas, exclusivamente para el tránsito de todos los vehículos que operan dentro de este inmueble. Estas instalaciones van desde: Caminos de acceso al área de operaciones, hasta Caminos perimetrales que rodean al aeropuerto. Todas estas vialidades sirven para que las operaciones dentro del área de operaciones no se interrumpan un solo momento y sean más eficaces.

Franjas de seguridad

Se menciona que las franjas de seguridad son superficies definidas dentro de las que se ubican las pistas y calles de rodaje, con la finalidad de reducir el riesgo de daños a las aeronaves que bien podrían salirse de la pista. Estas franjas también deben de encontrar en las orillas de las plataformas, para el establecimiento de los acotamientos y de las luces para el servicio nocturno, o en condiciones de mala visibilidad.

Las dimensiones de las franjas de seguridad para las pistas, dependen del tipo de operaciones aeronáuticas que se realizaran, ya sea en forma visual, por instrumentos y de precisión.

Linderos de emplazamiento.

Los linderos se utilizan para determinar la superficie del aeropuerto, no solo al inicio de sus operaciones, sino hasta el desarrollo máximo que tendrá dentro de lo establecido en su plan maestro. La reserva territorial aunque no se vaya a usar inmediatamente deberá estar incluida en el área total.

Camino perimetral.

Por lo general el eje del camino principal se localiza en forma paralela al lindero del emplazamiento a una distancia mínima de 15.0 mts. Las dimensiones dependen del tipo, peso y velocidad de los vehículos que lo van a circundar.

Camino de acceso.

El camino de acceso es la vía de comunicación exterior al aeropuerto, su dimensionamiento dependerá de la cantidad y tipo de vehículos que se pronostiquen en los periodos de máxima actividad del aeropuerto.



Instalaciones Industriales

Dentro del proyecto aeroportuario, existen una serie de instalaciones que requieren de un estudio particular y detallado. En el presente capítulo se agrupan de manera general las instalaciones que lo integran, considerando los factores que influyen para su diseño y la importancia que tienen dentro del proyecto aeroportuario.

De este modo, se analizarán las instalaciones técnicas, así como redes diversas y producción.

ZONA DE SALVACIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Esta formado por el cuerpo de rescate y extinción de incendios (CREI), el cual, su objetivo es salvar vidas humanas, en cualquier caso de accidente o incendio de aviación, siendo los casos más regulares en el momento de aterrizaje, despegue, estacionamiento, reabastecimiento de combustible, o dentro de las mismas maniobras de salvamento.

Por este motivo, resulta de importancia primordial disponer de medios para hacer frente a los accidentes o incidentes de aviación que ocurren en el aeropuerto o en sus cercanías, puesto que es precisamente dentro de esa zona donde existen las mayores oportunidades de salvar vidas humanas.

Es recomendable que dicho proyecto se encuentre dentro del aeropuerto y podrá estar coordinado con los servicios municipales locales, así como: estación de bomberos, policía, hospitales, servicios funerarios, etc., de tal manera que en alguna emergencia se de pronta información a todos ellos y obtener la mejor ayuda en la zona del accidente.

Se contara con la información necesaria de los servicios del aeropuerto al respecto con los planes detallados, configurados, cuadrículados y que contengan todos los caminos de acceso y las zonas posibles de accidente para una respuesta eficiente de los servicios involucrados en este caso.

El nivel de protección que ha de proporcionarse en un aeropuerto deberá basarse en las dimensiones de los aviones que los utilizan, con los ajustes que exija la frecuencia de operaciones.

Por todas estas razones, es importante la necesidad de que un aeropuerto este equipado en personal y material listos para intervenir en cualquier momento. Con respecto a esto, rigen normas internacionales para el equipamiento con que debe contar el aeropuerto, en función del número y tipo de aviones que hacen escala en el.

El material de que dispone el CREI incluye vehículos y máquinas de intervención: material ligero de intervención inmediata con gas carbónico, material pesado a base de espuma, cisternas de agua, ambulancias y socorro a heridos.



A veces, se completa dicho equipamiento con tractores y remolques de gran capacidad, capaces de intervenir esparciendo sobre la pista una capa de espuma destinada a evitar la inflamación del carburante en el caso en que un avión debiera posarse con el tren plegado.

Existe un número mínimo por tipos de vehículo con que debe contar el CREI, según la categoría del aeropuerto, para aplicar efectivamente los productos extintores especificados por la OACI.

CLASE DE AERODROMO	VEHICULO DE INTERVENCION RAPIDA	VEHICULO PESADO
1	1	0
2	1	0
3	1	0
4	1	1
5	1	2
6	1	2
7	1	3

TIPOS DE AGENTES EXTINTORES

Se recomienda que en un aeropuerto existan agentes extintores, tanto principales como secundarios.

Los agentes principales proporcionan un servicio de control uniforme, siendo por un minuto o un tiempo mayor, y sus componentes son a base de:

- a) *Espuma de película acuosa.* Se compone de concentrados de agentes tensioactivos fluorados y acompañados de un estabilizador de espuma.
- b) *Espuma fluoproteínica.* Es un compuesto de dos concentrados; uno de agentes tensioactivos fluorados sintéticos, que impiden la contaminación de la espuma con el combustible; y otro de agentes tensioactivos que proporcionan una película acuosa similar a la espuma de la película acuosa.
- c) *Espuma proteínica.* Son productos de hidrólisis de proteínas a los cuales se les agrega estabilizantes e inhibidores, para proteger de la congelación, la corrosión, para mantener la viscosidad y para evitar la descomposición bacteriana.
- d) *Cualquiera de estos agentes combinados.*



Los agentes secundarios se caracterizan por ser de acción rápida, pero no de mantener el control durante algunos minutos, sus componentes son:

- Productos químicos secos en polvo.
- Hidrocarburos halogenados (halón).
- CO₂
- La combinación de alguno de estos elementos.

EQUIPO DE SALVACIÓN Y TIEMPO DE RESPUESTA

El vehículo o vehículos del CREI deberán estar dotados del equipo de salvamento que exija el nivel de las operaciones de las aeronaves.

Deberá fijarse como objetivo operacional del servicio del CREI un tiempo de respuesta de 2 minutos y nunca superior a 3 minutos, hasta el extremo de la pista. Los vehículos del CREI deben tener sistema de mantenimiento preventivo, a fin de garantizar, durante la vida útil del vehículo, la eficacia del equipo y la observación del tiempo de respuesta especificado.

En aeropuertos donde las condiciones topográficas permitan la construcción, se deben prever caminos de acceso de emergencia para reducir el tiempo de respuesta, o bien, pueden utilizarse los caminos de servicio del aeropuerto.

Todos los vehículos del CREI deben alojarse en una estación de servicios contra incendios, y cuando sea posible deben construirse estaciones adicionales para mejorar el servicio. Dentro de la estación deben estar situados de modo que tengan libre acceso a la zona de pistas.



SERVICIO TELEFÓNICO.

El principio de la red telefónica de un aeropuerto depende esencialmente de la importancia del aeropuerto y de la capacidad de la red pública existente.

A veces, el alejamiento de la ciudad, la poca importancia de la red pública o la gran extensión del aeropuerto, llevan a construir una central en el aeropuerto mismo.

Debido a que las inversiones del aeropuerto están limitadas en un principio se consideran únicamente algunos enlaces llamados prioritarios. Se trata de líneas necesarias a las comunicaciones encargadas de la seguridad del área, en particular:

- Los enlaces torre de control, meteorología y SENEAM.
- Los enlaces torre de control, CREI.
- Los enlaces con los centros de socorro y de urgencia.

La tabla siguiente da las indicaciones sobre el número de líneas necesarias en función de la categoría del aeropuerto.

CLASE DE AEROPUERTO	NUMERO DE LÍNEAS	LÍNEAS PRIORITARIAS
1	10 a 20	2
2	10 a 20	2
3	50 a 100	4
4	100 a 200	4 a 6
5	300 a 600	10 a 15
6	500 a 1000	50 a 60
7	10 000 a 30 000	más de 100



SERVICIO ELECTROMECAÁNICO.

La importancia que tendrá el abastecimiento de energía eléctrica para todos los equipos y dispositivos del nuevo aeropuerto es un factor muy importante dentro de su proyecto ejecutivo completo.

La distribución de energía para el aeropuerto se realizara desde un lugar donde será recibida la acometida (receptora) y en donde estará localizado el equipo de medición y control. En este lugar se derivaran los circuitos necesarios que abastecerán a los diversos centros de consumo tales como:

1. Edificio terminal (comercial y general).
2. Ayudas visuales luminosas.
3. Equipo de radio ayudas.
4. Circuitos de alta o baja tensión para la zona de combustibles.
5. Equipo de aire acondicionado.

RED DE DISTRIBUCION.

La red de distribución eléctrica es la liga conjunta de los diferentes equipos y dispositivos que hacen uso de ella para llevar a cabo algún tipo de trabajo, tal como iluminación, fuerza motriz, etc., esto a través de conductores que distribuyen la energía desde el punto de suministro, hasta el punto de utilización.

SUBESTACION

La subestación es un conjunto de aparatos y dispositivos eléctricos, que están interconectados entre si, con la finalidad de convertir energía de ciertas características, a otras. Por lo que es necesario que existan varias subestaciones para los centros de consumo de los aeropuertos.

Se menciona que la capacidad de cada subestación dependerá de la suma total de las diversas cargas eléctricas que vaya a abastecer. Además dependerá de la categoría que tendrá el nuevo aeropuerto, y con bases técnicas se podrá determinar la cantidad de subestaciones que deberá tener al inicio de su operación.



A continuación se indican las diferentes subestaciones con que deberá contar un aeropuerto:

1. Luz de borde de pista.
2. Luz de borde de rodaje y plataforma.
3. Luz de umbral.
4. Luz de eje de pista.
5. Luz de eje de rodaje
6. Luz de zona de toma de contacto.
7. Luz de sistema de aproximación.
8. Faro giratorio.

PLANTA DE EMERGENCIA.

Como respaldo o ayuda a las necesidades de consumo de energía eléctrica en forma normal de las instalaciones, es necesario que cuando exista una interrupción de este servicio, entre en funcionamiento una planta auxiliar o de emergencia, la cual apoyara con su generación de energía eléctrica a los elementos más críticos del emplazamiento, tales como:

1. Ayudas visuales.
2. Equipo de iluminación de emergencia en edificios.
3. Torre de control.
4. Luces de iluminación en plataformas, pista y calles de rodaje.
5. Luces de obstrucción.

AYUDAS VISUALES LUMINOSAS.

Las ayudas visuales en los aeropuertos son gracias a las instalaciones de faros y balizas luminosas de señalización, las cuales darán a los pilotos de las aeronaves que estén próximas a aterrizar, la confianza para poder efectuar esta operación.



LUCES DE APROXIMACION.

Se menciona que estas luces tienen como propósito fundamental de que en condiciones meteorológicas restringidas a una altura de 30 m. (100 pies), un piloto con su aeronave pueda hacer correcciones mínimas de elevación y descenso durante la operación de aproximación. Por lo que la razón de la existencia de un sistema de luces de aproximación y de pista, sea el de ayudar al piloto a decidir si puede efectuar o no el aterrizaje en forma segura.

Este sistema de luces proporciona al piloto las siguientes características:

Información direccional.- La línea de eje proporciona guía para alinearse con la pista.

Información del plano horizontal.- Las barras transversales del sistema proporciona la guía.

Información de distancia al umbral.- Esta proporciona por la longitud conocida del sistema y por la distancia también conocida desde la barra transversal del sistema o por el de la línea de eje.

LOCALIZACION E IDENTIFICACION DEL AEROPUERTO.

Se menciona que durante la aproximación visual del aeropuerto, su faro es el que lo localiza e identifica. Los faros son proyectores de alta intensidad que gira en torno a un eje vertical, mostrando alternadamente destellos verdes y blancos, o en su caso solo destellos blancos. Estos faros se localizan generalmente sobre las torres de control del aeropuerto.

SISTEMA DE LUCES DE PISTA.

Se menciona que este sistema es instalado para proporcionar una guía visual durante todas las fases de cualquier operación (aproximación, toma de contacto, rodaje, estacionamiento o despegue). Este sistema se clasifica en:

1. Luces de borde de pista
2. Luces de umbral de pista.
3. Luces de fin de pista
4. Luces de barra de ala.
5. Luces de eje de pista.
6. Luces de zona de toma de contacto.
7. Luces de barra de parada.



LUCES DE CALLE DE RODAJE.

Las calles de rodaje para indicar su ruta principalmente en la noche, emplean una serie de luces alojadas en sus bordes respectivos.

Estas luces son del tipo rasantes, son una guía para el rodaje, mas que las luces de borde, en condiciones de baja visibilidad. Se pueden instalar a cada 30 m. (100 pies) en tramos rectos de las calles de rodaje. En rodajes la distancia es de acuerdo a los radios de curvatura y ángulos de las curvas.

LUCES DE BORDE DE RODAJE.

Son las luces del tipo elevado que emiten haz de color azul. Estas luces deben estar localizadas cuando menos a 3 m. (10 pies) del borde del rodaje. En caso de que interfieran con el movimiento de las aeronaves en tierra se podrán instalar del tipo rasante.

PLACAS SEÑALADORAS.

Estas señales pueden estar constituidas de un material reflejante o iluminadas internamente, usándose inscripciones en blanco sobre fondo rojo cuando indique instrucciones obligatorias para los pilotos. Cuando sean del tipo informativas la inscripción será en amarillo sobre el fondo negro o viceversa. Y cuando sean señales convencionales la inscripción deberá ser blanca con fondo verde.

GUIA DE DESPEGUE.

Se menciona que el piloto al efectuar el despegue de la aeronave desde su posición estable estará más cerca de las ayudas visuales que al aterrizar; por despegar con visibilidad horizontal interior a la del aterrizaje.

LUCES DE OBSTRUCCION

Las luces rojas omnidireccionales se emplean para poder definir los límites vertical y horizontal de objetos que se consideran como obstrucciones para la navegación aérea. Para casos especiales los faros de peligro se pueden usar en lugar de las luces de obstrucción, por emitir destellos rojos en lapsos de 20 a 60 por minuto



SISTEMA PAPI.

Es un sistema de ayuda visual luminosa que se utiliza en operaciones tanto diurnas como nocturnas. Este sistema esta constituido por una barra de ala formada por cuatro elementos luminosos dobles o múltiples (de dos a tres lámparas en cada gabinete) para transición definida, situados a intervalos iguales.

El sistema se coloca al lado izquierdo de la pista en el sentido de la aproximación a 300 m del umbral. La barra se coloca en forma perpendicular a la pista instalando el primer gabinete a 15 m del borde de la misma, con separación de 9 m entre cada uno de los tres. Cada unidad proyecta un haz de luz dividido en su parte superior de color blanco y en su parte inferior de color rojo.

El haz luminoso tendrá como mínimo un ángulo de $1^{\circ} 30'$ de amplitud, por encima y por debajo de la medida del sector de transición tanto de día como de noche, en azimut con el ángulo no menor a los 10° de día y no menor de 15° de noche. Con tiempo despejado el avance visual efectivo será de por lo menos 7.4 Km. Dentro de los ángulos mencionados anteriormente.

La intensidad luminosa será controlada de manera que dependiendo de las condiciones predominantes no se vaya a producir deslumbramientos para el piloto que este realizando o vaya a realizar su aproximación.



INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS.

Los aeropuertos están dotados de un gran número de redes que aseguran la comunicación entre las diferentes instalaciones y contribuyen a la operación de cada una de ellas. Dentro de las instalaciones hidráulicas se deben tomar en cuenta:

- a) Red de alimentación de agua.
- b) Red de evacuación de aguas pluviales y usadas.

Aquí trataremos solo el abastecimiento de agua potable y la evacuación de aguas usadas, ya que la evacuación de aguas pluviales se trata en el tema de proyecto geométrico y drenaje.

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUAS.

Dentro de este tema es primordial determinar las necesidades en materia de agua de los aeropuertos, y luego las instalaciones destinadas a asegurar dichas necesidades.

Las necesidades de agua se dividen en normales y accidentales. En un aeropuerto, el agua es utilizada para los principales usos siguientes:

- a) Consumo corriente para el personal que reside en el aeropuerto, así como para los restaurantes y bares.
- b) Instalaciones sanitarias: duchas, lavabos y water-close.
- c) Limpieza del aeropuerto, oficinas, restaurantes, etc.
- d) Lavado de hangares y talleres.
- e) Lavado de aviones.
- f) Lavado de vehículos y maquinarias.
- g) Riego de superficies con césped y de plantaciones.
- h) Protección contra incendios

Dentro de las necesidades normales, estas se calculan en base a un consumo máximo diario, ya sea por día, persona, clima o área.

Para calcular el consumo de necesidades accidentales, se establece un caudal mínimo por m^3/hr y una reserva, dependiendo de la superficie que se pretenda proteger.



INSTALACIONES PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA.

El aeropuerto debe contar con dos redes distintas, una para agua industrial y otra para el agua potable.

En caso de que sea potable, se puede conectar la red del aeropuerto a la red de distribución de la aglomeración vecina. En caso contrario, será necesario crear para el aeropuerto una red autónoma de suministro de agua que incluya una estación de bombeo, completada con una estación de depuración, y un tanque de almacenamiento.

Los tanques tienen como finalidad construir una reserva de agua susceptible de hacer frente durante cierto tiempo a las necesidades del aeropuerto y asegurar la puesta en presión del agua. La distribución del agua será efectuada de preferencia desde tanques sobreelevados, colocados de tal modo que no constituyan un obstáculo peligroso cerca de las pistas de despegue, ni que exijan canalizaciones demasiado largas. Si no se logran estas condiciones, deberá recurrirse al empleo de tanques subterráneos bajo presión de aire.

La capacidad de los tanques principales será igual a la suma de las capacidades siguientes:

- Dos veces el consumo diario máximo correspondiente a las necesidades normales (sin incluir riego), si los tanques son alimentados por gravedad, o tres veces dicho consumo si son alimentados por bombeo.
- El consumo diario correspondiente al riego.
- La reserva para incendios.

Los tanques de equilibrio tienen por finalidad hacer frente a los caudales pico, su capacidad será del orden de la cuarta parte del consumo diario.

La red será determinada de modo que el agua llegue con una presión conveniente hasta los edificios más lejanos.

El cierre de la red debe presentar las ventajas siguientes:

- a) Disminución en la pérdida de carga.
- b) Mayor constancia de la presión a lo largo del ducto.
- c) Mayor seguridad.
- d) Posibilidad de efectuar reparaciones sin detener la distribución.

El perfil de la red será establecido con inclinaciones de al menos 2 % que facilitan la subida del aire. Los tramos situados debajo de plataformas revestidas, las canalizaciones serán colocadas en ductos resistentes metálicos o de concreto, o dentro de los caños situados bajo las pistas.



Las canalizaciones serán generalmente de hierro colado dúctil, mientras que para diámetros mayores se utilizara material plástico (policloruro de vinilo).

SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS.

La evacuación de aguas usadas obedece a los mismos principios (evacuación por gravedad de los conductos parcialmente llenos) que la evacuación de aguas pluviales.

Para evaluar los canales máximos, se partirá del consumo de agua de las aglomeraciones aeroportuarias por 24 horas correspondientes a los consumos más importantes diarios del año.

Cabe señalar, que el agua consumida no es igual al total del agua producida, sino que sufre una pérdida del 20 al 30 % debido a que el agua consumida no alcanza en su totalidad la alcantarilla; esto es a causa del riego de plantaciones que es absorbido por el suelo, el agua de lavado de calles etc.

Para estimar las cantidades de agua a evacuar es necesario partir de las necesidades de alimentación de agua antes mencionadas, y con esto estimar su caudal medio diario.

Siempre que sea posible, es conveniente separar la zona de evacuación industrial y la doméstica.

Para el cálculo de las obras de colecta, debe estimarse una vez obtenido el caudal, la definición de la pendiente y el diámetro de la canalización. Los diámetros se determinan de la misma manera que en drenaje.

La red de evacuación de aguas usadas termina normalmente en una estación de depuración, a la salida de la cual, los efluentes pueden ser enviados a la red de aguas pluviales. También es conveniente preceder las estaciones de depuración de un depósito de pretratamiento en las cuales se descargarán los baños del avión, productos químicos que serán neutralizados, aguas de cocinas para separar grasas y en talleres, garajes o puntos donde se produzcan derrames de hidrocarburos para que actúen como separadores.



ZONA DE MANTENIMIENTO.

El mantenimiento y la reparación de aviones se hacen en las instalaciones industriales de las compañías aéreas. Estas instalaciones deben permitir en general, las operaciones siguientes:

- a) Puesta al abrigo o estacionamiento al aire libre de los aviones para el desmonte y ensamble de los mismos.
- b) Puesta al abrigo de los aviones para el decapado y la pintura de las partes exteriores de los aviones.
- c) Reparación y mantenimiento de las partes mecánicas, eléctricas y electromagnéticas de los aviones.
- d) Almacenamiento de las piezas sueltas y productos necesarios para las operaciones de reparación y mantenimiento.
- e) Ensayo de puesta a punto de los motores.
- f) Ensayo de los puntos fijos de los aviones.
- g) Lavado de aviones.
- h) Estacionamiento larga duración de los aviones.
- i) Vaciado del combustible de los tanques de aviones.

El plan general de las instalaciones consiste en agrupar los hangares y los talleres entre dos áreas de estacionamiento especializadas.

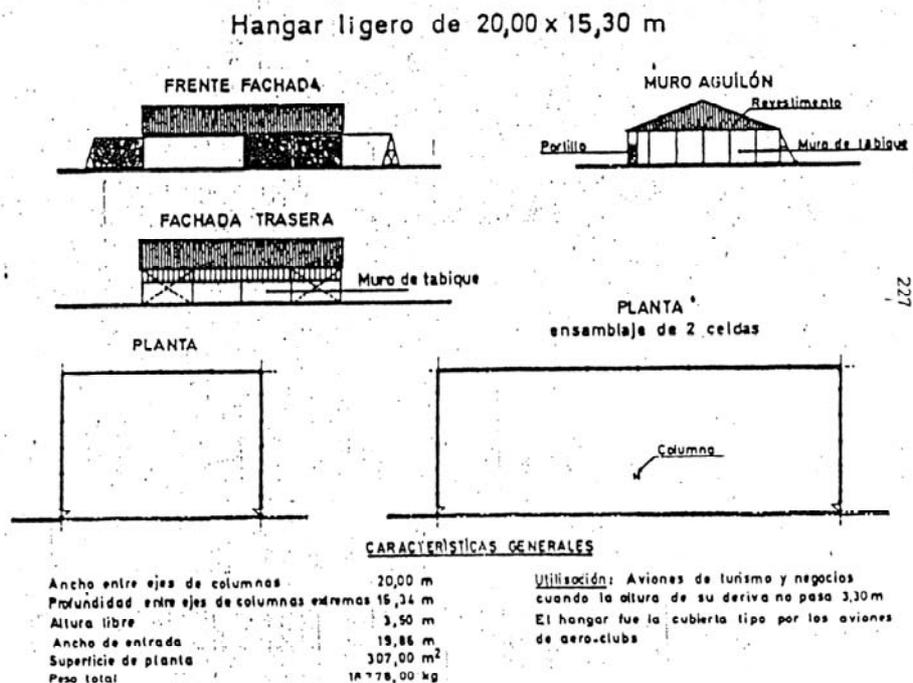
Los hangares deben ser de dimensiones tales que puedan recibir los aviones futuros para poder efectuar las operaciones más importantes en los aviones, así como deberán tener la capacidad necesaria para que puedan maniobrar aviones pesados.

Para la maniobra de los aviones pesados, los hangares se dotan de aberturas teniendo una puerta lo mas grande posible, para poder abrigar una serie de aviones de características diferentes, y disponerlos en la fachada con la finalidad de permitir su salida fácilmente. Esto se soluciona con el sistema de cobertizos que permiten obtener aberturas sumamente importantes.

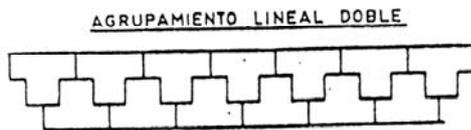
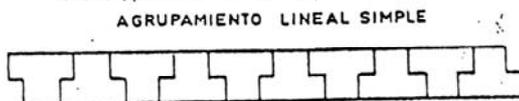
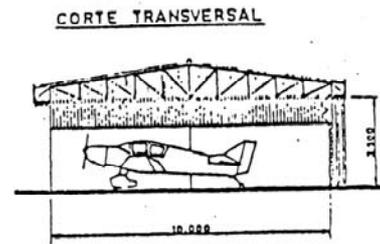
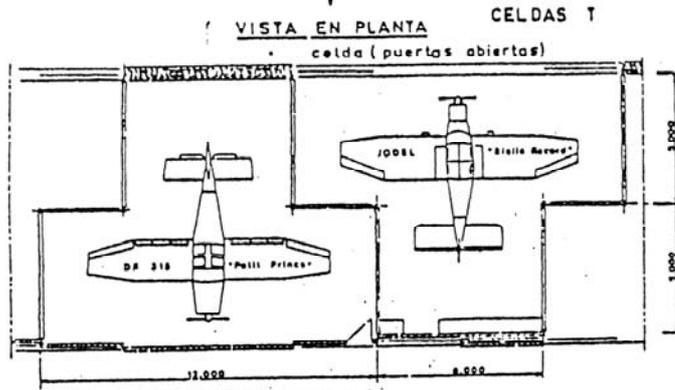
La altura del cobertizo esta condicionada por la altura de los aviones de los cuales, la parte más alta alcanza 15, 18 ó 20 mts., también para facilitar y economizar se pueden utilizar sistemas particulares destinados a permitir únicamente el pasaje del empanaje, llamado sistema "pasa-cola".

El hangar más recomendable es el metálico, aunque se puede utilizar cualquier tipo de material para la construcción. Los primeros hangares de tipo clásico fueron la madera, aunque ya no es muy utilizado últimamente. Luego el metal y el concreto armado fueron más utilizados.

El concreto armado es de buena calidad en durabilidad y resistencia a los intemperismos fuertes. Anteriormente, un gran número de hangares han sido construidos en concreto armado; actualmente se están utilizando más bien los hangares metálicos, que son en parte más económicos de construir, y en general, requieren mantenimiento simple.



HANGARES PARA AERODROMOS DE CLASE 1 Y 2

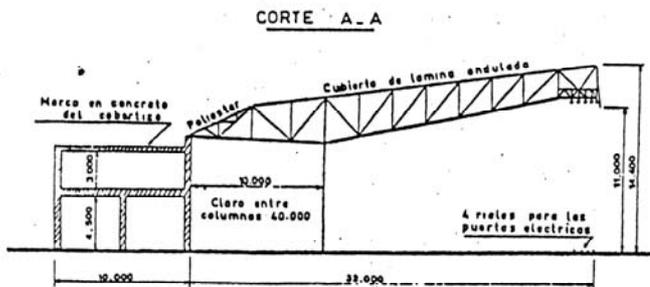


CARACTERÍSTICAS GENERALES

Superficie en planta 90.00 m²
 Altura libre 3.50 m
 Utilización: aviones de turismo
 y de negocios cuando
 la altura de la
 deriva no pasa de 3.50 m

HANGARES PARA AERODROMOS DE CLASE 1 Y 2

MARIGNANE - HANGAR NORTE PARA LA AVIACION GENERAL

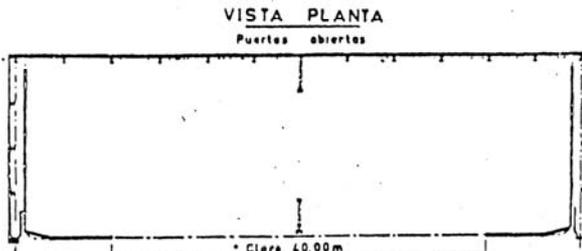
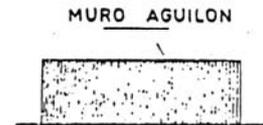
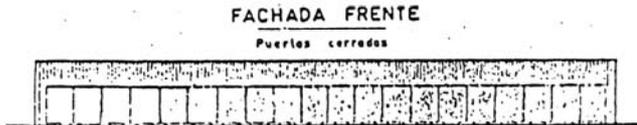


CARACTERÍSTICAS GENERALES

Ancho del hangar (5 claros de 40 m, 4 columnas a 10 m de parte trasera) 200.00 m
 Profundidad del hangar 32.00 m
 Profundidad libre 29.50 m
 puertas cerrados (aprox.)
 Altura libre del claro 11.00 m
 Utilización: hangar, cubierto para aviones de negocios.

HANGARES PARA AERODROMOS DE CLASE 2, 3 Y 4

HANGAR DE 60.00 X 20.00m



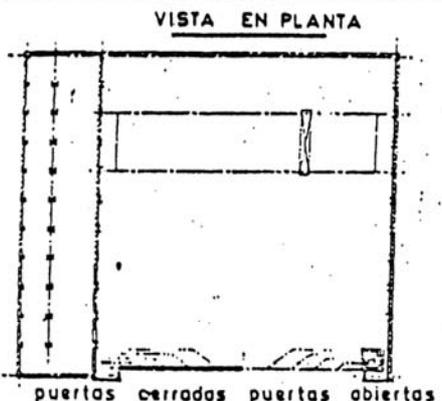
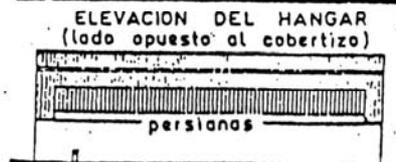
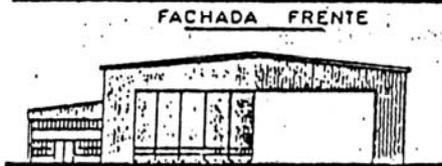
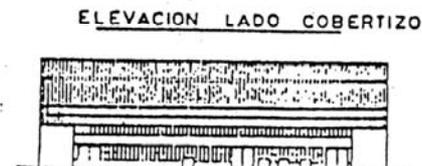
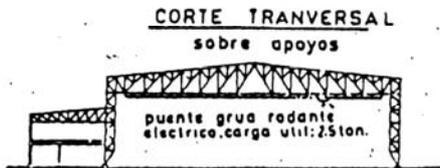
CARACTERISTICAS GENERALES

Ancho del hangar: 30.00x2 6000 m
Profundidad del hangar 20.00m
Altura libre del claro 4.00m
Utilización: hangar cubierto para aviones de aero-clubs, de turismo y de negocios; cuando la altura de la deriva no pasa de 3.80m

Las puertas siendo plegadas en el frente de la fachada pueden desplazarse hacia la izquierda o la derecha para despejar completamente la estructura.

HANGARES PARA AERODROMOS DE CLASE 2, 3 Y 4

HANGAR DE 48.00 X 55.00 m

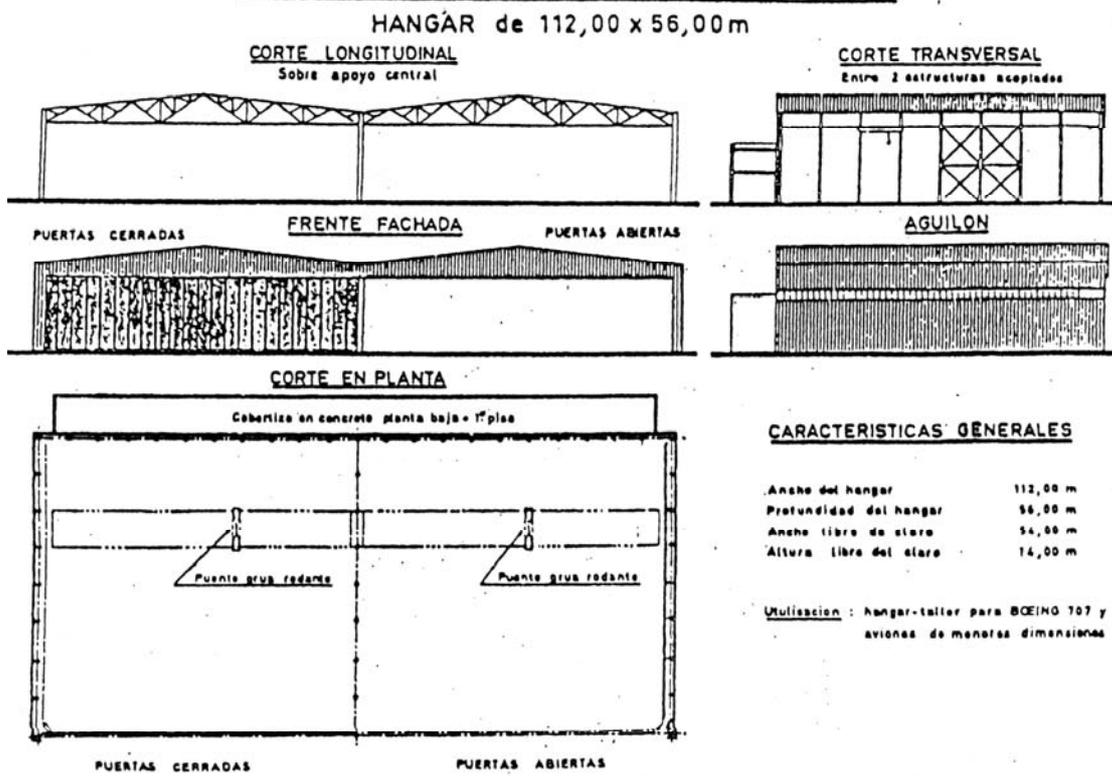


CARACTERISTICAS GENERALES

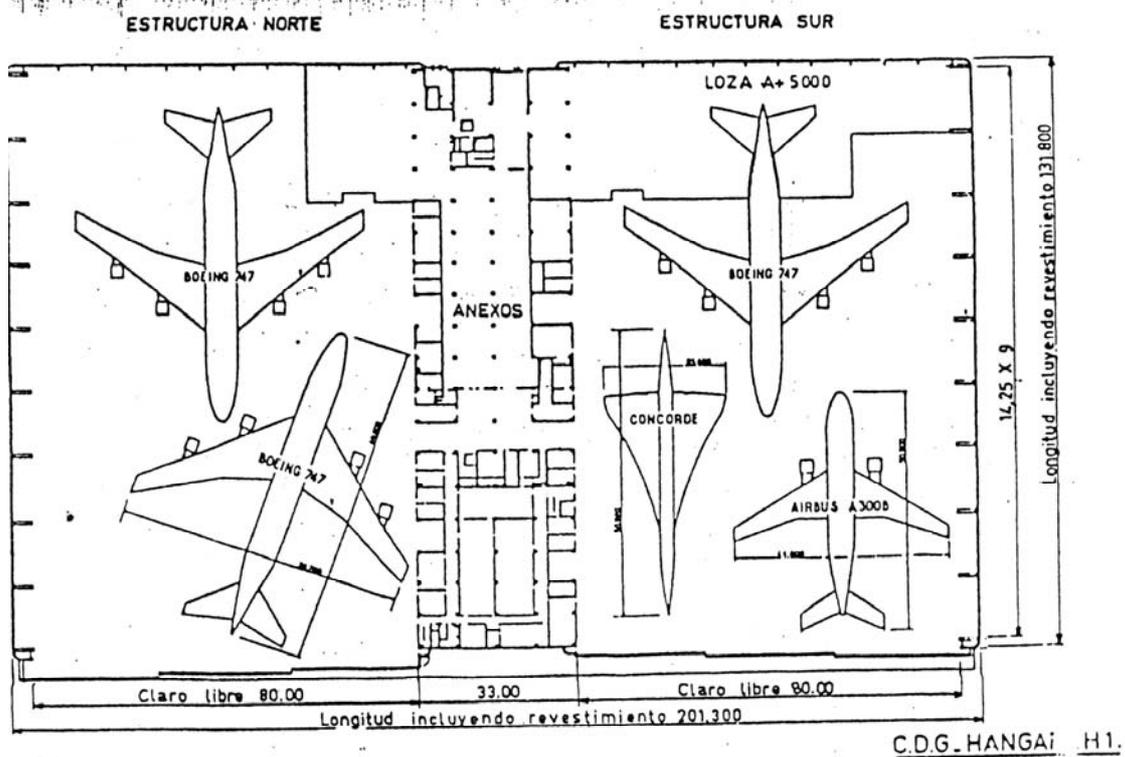
Ancho del hangar 48.00m
Profundidad del hangar 55.00m
Ancho libre del claro 39.65m
Altura libre del claro 12.50m
Utilización: hangar taller para Caravelle y Boeing 727.228 para recibir otros aviones de importancia comparable.

Nota: El hangar esta calculado para resistir los vientos ciclónicos.

HANGARES PARA AERODROMOS DE CLASE 4, 5 Y 6



HANGAR PARA AERODROMOS DE CLASE 5 Y 6



HANGARES PARA AERODROMOS CLASE 7



ZONA DE CARGA

La función de la zona de carga tiene como objetivo recolectar el conjunto de las mercancías, almacenarlas (si es necesario), condicionarlas, cargarlas a bordo de los aviones y tratar los procedimientos documentales: descarga, acondicionamiento, almacenamiento y entrega al destinatario. Por lo tanto para realizar estas funciones es indispensable determinar las superficies necesarias para esas instalaciones.

Una terminal de carga es esencialmente un hangar, considerado de alguna manera un depósito, donde se almacenan las mercancías y esperan a que los destinatarios vayan a recogerlas.

Para definir las instalaciones de carga es necesario considerar como se transporta esta. Cuando es transportada en los aviones de pasajeros, las terminales de carga conviene tenerlas en la terminal de pasajeros, puesto que los aviones se estacionan muy cerca de ellas. Generalmente los aeropuertos con este tipo de instalaciones son de bajo tránsito y de mediana importancia. En el caso en que la carga se transporte en aviones especiales, llamados "aviones carga", las instalaciones de carga no será posible tenerlas dentro de la terminal de pasajeros por el volumen de los emplazamientos y por la necesidad de que existan áreas propias para el mantenimiento de los aviones carga. La distancia que debe existir entre la terminal de pasajeros y la terminal especializada debe ser lo más corta posible, para que pueda ser abastecida por las áreas de tránsito de los aviones carga.

En muchos aeropuertos regionales existen zonas de carga contiguas a la zona de las instalaciones terminales, lo que puede considerarse el primer nivel de desarrollo de una zona de carga. En aeropuertos importantes esta zona puede ser prevista desde el inicio de su creación, ubicándola en un sitio bien diferenciado de la zona terminal de pasajeros. En este caso las distancias existentes entre la zona de carga y la zona de pasajeros no deben ser muy grandes, para reducir al máximo los tiempos de recorrido de la carga mixta (carga transportada en aviones de pasajeros).

El tratamiento de la carga puede ser ejecutado de diferentes maneras, según el rol de cada uno de los actores de la carga (agentes de carga, servicios públicos, servicios aduaneros, compañías aéreas)

Los principales criterios a tomar en cuenta son los siguientes:

1. Modo de funcionamiento de las terminales de carga.

Manejo exclusivo de las compañías, parcial o totalmente; separación del tránsito de paso (salidas y llegadas de avión) posibilidad para ciertas mercancías de no utilizar las terminales de carga (artículos perecederos, por ejemplo), grado de mecanización etc.



2. Existencia de organización de agentes de carga.

Pueden estar presentes sobre el aeropuerto, reduciendo las distancias entre sus instalaciones y las terminales, o no; pueden ser utilizadas frecuentemente o no.

3. Importancia del tránsito por aviones de carga y por aviones mixtos (pasajeros y carga)

Ella condiciona en efecto el modo de estacionamiento de los aviones y por lo tanto, la organización de los transportes de las unidades de carga. Por otra parte, los aviones de carga estacionados en zona de carga y las terminales de carga de las compañías o instalaciones de agentes de carga, por otra, los aviones mixtos estacionados en zona de carga y las terminales de carga de las compañías o instalaciones agentes de carga, y por otra parte, los aviones mixtos estacionados en la zona de las instalaciones, y en las mismas terminales o instalaciones de los agentes de carga.

Para el diseño de la terminal de carga es necesario conocer la circulación de la mercancía, tanto importada como exportada a través de la terminal.

De una manera general, las mercancías destinadas al territorio sobre el cual está situado el aeropuerto, entran por la fachada del lado de la pista y son ubicadas bajo el control aduanero. Son almacenadas, por destinatario, por los agentes de carga o compañía, en unas células acondicionadas de una manera extremadamente simple, generalmente por elementos de tabique enrejado.

En el interior de la terminal, en el local de aduana se realizan las operaciones relacionadas a esta, las mercancías viajan bajo cubierta de un documento que describe la consistencia de la mercancía, y permite al destinatario obtener los derechos de aduana luego del control de concordancia del documento y la mercancía, y del pago de los derechos de aduana.

En esta parte de la terminal, siendo una parte muy importante debe ser reservado un lugar para las oficinas de la aduana y de las oficinas de las compañías que reciben las mercancías. También debe acondicionarse una zona para los agentes encargados de las importaciones, para que puedan realizar sus operaciones y así los destinatarios reclamen su mercancía.

En la parte de salida o de exportación, la situación es más simple, por que no hay en principio, aduana a la salida, pero esta parte tiene sin embargo, una zona bajo aduana destinada a las mercancías en tránsito, es decir a las mercancías llegadas por avión y que deben volver a partir en otro.

Dentro de la terminal de carga a menudo es necesario prever la instalación destinada al transporte de animales vivos, cámaras fuertes, depósitos frigoríficos, depósitos mortuorios, etc.



Por último, es conveniente considerar que al lograr un gran desarrollo las instalaciones y el agrupamiento de las terminales de carga, estas deben contar con medios mecánicos de carga rápida y estandarizada, empleo de contenedores, sistema electrónico para la identificación, manutención, almacenamiento y almacenado de paquetes.

Por lo tanto para determinar el área requerida de zona de carga, se debe calcular en primer lugar la carga que tratara el aeropuerto en estudio, así como las necesidades de áreas para poder instalar los equipos, oficinas y almacenes necesarios para poder realizar las operaciones de aduana necesarias. De manera general, se presentan coeficientes establecidos en base a la experiencia que sirven como referencia para determinar el área de las instalaciones de carga, el cual corresponde a $10\,000\text{ton/año}/15\text{ha}$ el cual puede variar según sea el caso.

El área establecida podrá ser distribuida aproximadamente de la siguiente manera, sin ser esto una norma:

- 13% Para terminales de carga.
- 12% Para los depósitos (almacenamiento, acondicionamiento, negocios) y edificios diversos (aduana, policía, correo)
- 40% Para las zonas de estacionamiento y calles de rodaje
- 25% Para zona de maniobras y de estacionamiento de los camiones y para las zonas de estacionamiento de vehículos de personal.
- 10% Para vialidad y espacios verdes.

Estos porcentajes varían de acuerdo a la importancia del aeropuerto en cuanto a las operaciones de carga que realice. Las cuales condicionaran si habrá solo una para administrar y operar la carga, o bien con el crecimiento de esta cada línea aérea podrá establecer su terminal de carga propia.



DRENAJE.

Para lograr las condiciones de operación que garanticen la máxima seguridad y eficiencia en el servicio que presta un aeropuerto, es indispensable, que el aeropuerto cuente, entre otras cosas con un sistema de drenaje capaz de desalojar eficientemente los caudales pluviales que se captan dentro de sus límites, encausar adecuadamente sus propios escurrimientos e impedir la afluencia de aguas ajenas al aeropuerto.

Su objetivo principal es dar solución a los siguientes cuatro problemas principales:

1. El agua de lluvia que cae sobre los elementos del aeropuerto y sus zonas adyacentes debe captarse y eliminarse rápidamente para evitar inundaciones daños a las instalaciones.
2. Los cauces naturales deben cruzarse sin obstruirlos, o bien interceptarlos, desviándolos convenientemente.
3. Deben evitarse inundaciones en el área del aeropuerto, provocadas por desbordamiento de causas naturales o artificiales, construyendo las obras de protección adecuadas.
4. Debe captarse y eliminarse el agua infiltrada en los pavimentos, para evitar modificaciones en el comportamiento estructural de los materiales que los constituyen.

Con el propósito de lograr las mejores soluciones a los problemas de drenaje en un aeropuerto, es necesario conocer el funcionamiento hidráulico del área donde se construirá, no solo dentro de los límites del predio, sino en forma regional, por lo que habrá que realizar conexiones efectivas entre el drenaje interior y el exterior. Dicho conocimiento se obtendrá mediante un estudio hidrológico, que infiera las intensidades de las precipitaciones y los picos de escurrimiento para diferentes periodos de retorno, con el propósito de determinar los gastos máximos que han de considerarse en el proyecto.

En ocasiones, los sitios donde se descargan los caudales del aeropuerto tienen condiciones que evitan el desalojo rápido del agua, haciéndose necesarios cárcamos, plantas de bombeo, bordos de protección y estructuras especiales de control.

“El proyecto del sistema de drenaje de un aeropuerto es el diseño estructural, hidráulico y geométrico de todos los componentes del sistema, con base en el funcionamiento hidráulico de la región y tomando en cuenta las características de los elementos del aeropuerto”

Al hacer el proyecto se buscara diseñar un sistema de drenaje que funcione con un mínimo de mantenimiento, procurando que el monto de la inversión sea acorde con la protección que se desea proporcionar y que el



sistema sea adaptable a futuras ampliaciones, por lo que se apoyara en el plan maestro correspondiente.

Para definir la problemática que se representara al proyectar un aeropuerto, es necesario, entre otras cosas, lo siguiente:

1. Trazar en un plano topográfico de la región los escurrimientos superficiales, las zonas bajas y las canalizaciones que existan.
2. Delimitar en el mismo plano las cuencas que aporten caudales a los cauces o canalizaciones existentes, de interés para el proyecto.
3. Mediante el estudio hidrológico, determinar las intensidades de precipitación para cada cuenca y obtener los gastos máximos de cada cauce o canalización, para diferentes periodos de retorno.
4. Estimar los volúmenes de depósito o acumulación posibles en el área del aeropuerto y en sus cercanías.

Con esta información será posible determinar los tipos y ubicaciones de las obras de drenaje requeridas para el sistema en proyecto.

En la práctica mexicana, las estructuras más usuales son los canales y las alcantarillas; pero existen muchas otras estructuras menos comunes necesarias par solucionar este tipo de problemas, tales como:

- Cárcamos
- Bordos de protección
- Plantas de bombeo
- Colectores, pozos de absorción
- Sistemas de subdrenaje
- Estructuras de control

También existen obras complementarias como:

- Bordillos
- Cuencas
- Lavaderos



Una vez que se tenga definido el funcionamiento hidráulico de la región donde se construirá el aeropuerto, y conocidas las características geométricas de cada uno de sus elementos, si está en posibilidad de determinar el sistema de drenaje correspondiente.

El primer paso consiste en dibujar sobre un plano topográfico del área, todos los elementos de operación terrestre que integran el aeropuerto, con sus características geométricas, en sus alineamientos horizontales y verticales para determinar las zonas de corte y terraplen, así como los sitios donde se interceptaran o cruzaran los cauces naturales, para estar en posibilidad de proponer los elementos de drenaje que se requieran.

El alineamiento vertical establecido en el proyecto geométrico de cada uno de los elementos de operación terrestre, que en México se expresa mediante los "Planos de Transiciones", se diseña tomando en cuenta que el agua de lluvia debe desalojarse oportunamente, por lo que es común que los ejes de esos elementos constituyan parteaguas, enviando el escurrimiento hacia fuera de ellos. Si estos elementos se ubican en terraplen, el agua caerá hasta el terreno, abandonándolos rápidamente; mientras que si se alojan en cortes, el agua escurrirá entre su orilla y los taludes, pudiendo invadir las franjas de seguridad, con los consecuentes daños a la estructura y los riesgos en la operación, por lo que, para evitarlo, se requiere habilitar elementos que capten el agua y la conduzcan a las zonas donde no produzcan daños.

ALCANTARILLAS

Las alcantarillas son los elementos de drenaje que se emplean para que el caudal de un cause natural ó de un canal, cruce por debajo de un elemento de operación terrestre, como es una pista, un rodaje ó un camino.

El diseño hidráulico de una alcantarilla depende del gasto pico, de la pendiente, de los materiales con los que se pretenda construirla, de la geometría de entrada, etc.

Generalmente se diseñan parcialmente llenas, es decir, a superficie libre, de manera que operan como un caudal, con un tirante máximo ($d_{\text{máx.}}$) de 80% de su altura ó de su diámetro (D), por lo que los criterios aplicados para el diseño hidráulico de canales son validos para alcantarillas.

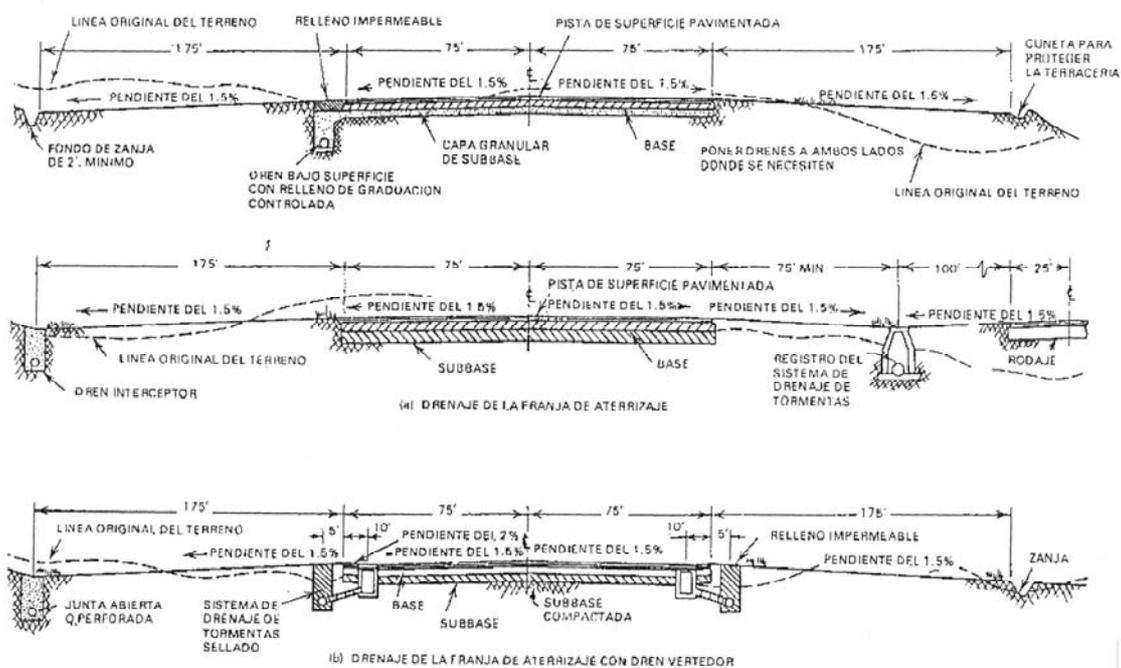
DRENAJE EN PISTA

En el drenaje con que contara la pista, comúnmente se utilizarán zanjas o canales de interceptación paralelos en ambos extremos, pero fuera de las franjas de seguridad y con sus ejes localizados a una distancia mayor o igual a 150 mts. Del eje de la pista con clave 1 ó 2 (ancho de pista entre 18 y 30 mts.)

Las zanjas deberán de conducir a los caudales pluviales hasta afuera del área del aeropuerto, considerando las pendientes longitudinales del terreno natural, las intersecciones de calles de rodaje ó las propias pistas, donde será necesario el uso de algún tipo de alcantarilla.

La sección transversal de la zanja ó canal de desalojo de aguas pluviales puede ser triangular con una pendiente transversal de franja de seguridad no mayor al 5%. Estas zanjas deberán de conectarse a un emisor el cual descargará hacia el exterior del emplazamiento, no interfiriendo con los escurrimientos del cauce natural del agua.

Cuando el aeropuerto vaya a ser construido en una zona baja, y este expuesto a inundaciones provenientes del exterior, habrá necesidad de proyectar bordes perimetrales para su proyección.



TIPICAS SECCIONES TRANSVERSALES DE PISTAS



VI

OPERACIÓN DE AEROPUERTOS



6.1 OPERACIÓN AEROPORTUARIA

QUÉ ES Y CÓMO FUNCIONA UN AEROPUERTO

Como ya se menciona, un aeropuerto es el lugar, con al menos una pista de vuelo en donde operan aeronaves comerciales con el objeto de transportar por el aire, pasajeros con equipaje, y carga.

Los medios para que el pasajero con equipaje, y la carga aérea, lleguen a las aeronaves se realizan a través de **Edificios Terminales de Pasajeros y Carga**, respectivamente.

Una instalación aeroportuaria esta constituida desde los elementos básicos hasta los más complejos. Estos elementos están agrupados según su clasificación establecida, distribuidos en siete zonas, que como ya menciona en el capítulo IV, estas zonas son las siguientes:

1. **Zona de Operaciones:** Destinada exclusivamente para la operación de aterrizaje y despegue de las aeronaves.
2. **Zona Terminal Para Pasajeros de Aviación Comercial:** Destinada para la atención, servicio y procesos del pasajero de vuelo con itinerario fijo. En ocasiones también la utilizan los vuelos fletados ó chárter.
3. **Zona Terminal Para Pasajeros de Aviación General:** Destinada a la atención, servicio y procesos al usuario particular y a compañías que efectúan vuelos de corto alcance.
4. **Zona de Servicio de Apoyo a las Operaciones:** Donde se atienden a todas las operaciones de vuelos y a las necesidades del aeropuerto como son: torre de control, oficinas, cuerpos de rescate, bodegas, antenas y mantenimiento.
5. **Zona de Manejo de Carga:** Aquí se procesa y se da servicio a la carga que es enviada ó recibida por vía, tanto nacional como internacional.
6. **Zona de Mantenimiento Para Aeronaves:** En este lugar, las compañías aéreas dan mantenimiento a las aeronaves que operan, y sus instalaciones son exclusivas para este fin.
7. **Zona Presidencial:** Esta zona se construye únicamente en aquel aeropuerto en cuyo entorno se encuentran los poderes de la Nación.



La organización y control de un aeropuerto, se divide en: **tierra y espacio aéreo**

Un Aeropuerto, funciona como una Empresa cualquiera.

- **El producto son:** Pasajeros con equipaje y carga aérea.
- **El medio:** La aeronave.
- **El objeto:** El transporte aéreo.

OBJETIVO: Dar servicio social, riqueza al entorno y **rentabilidad**.

INGRESOS AEROPORTUARIOS

Las actividades aeroportuarias generan ingresos, que serán función del volumen de tráfico en el aeropuerto. Pueden ser clasificados en dos categorías, según se desarrollen en el lado aire del aeropuerto, ingresos aeronáuticos, o en el lado tierra, ingresos no aeronáuticos.

Los primeros los originan las tasas Aeroportuarias, que serían recaudados, con autorización del Estado, por la propiedad del Aeropuerto, responsable de la explotación del mismo.

Los ingresos no aeronáuticos son puramente comerciales. Se derivan de la comercialización de los servicios que no están regulados por las tasas estatales, y por ello son recaudados directamente por el gestor de la explotación.

INGRESOS AERONÁUTICOS

Estos ingresos a su vez se pueden clasificar en dos bloques distintos:

- 1) Ingresos No Comerciales:
 - Ingresos por aterrizaje
 - Ingresos por estacionamiento
 - Ingresos por carga
- 2) Ingresos Comerciales:
 - Ingresos por handling
 - Ingresos por combustible



Ingresos Aeronáuticos No Comerciales

Estos ingresos se calcularán aplicando al tráfico de aeronaves, según las características de las aeronaves, las fórmulas de cálculo y los valores de las tasas de aterrizaje y estacionamiento de aeronaves que publica el Estado.

Ingresos Aeronáuticos Comerciales

Son los que provienen de dar el servicio a las aeronaves en:

- Combustibles
- Handling
- Pasajeros
- Equipajes
- Carga aérea.
- Mayordomía
- Limpieza de aviones
- Catering.
- Follow –me y calzos.
- Push- back. (en caso de existir Fingers)
- Suministro de energía al avión en 400Hz. (en el caso de existir convertidores.)

Estos ingresos están sujetos en estos días a las tasas autorizadas por el Gobierno. En su ciudad serán tasas de libre aplicación.



INGRESOS NO AERONÁUTICOS

Se incluyen en este apartado los ingresos obtenidos por actividades no relacionadas directamente con el transporte aéreo, como son:

- Tiendas aeroportuarias.
- Alquiler de vehículos. (rent a car.)
- Agentes de Carga.
- Hoteles
- Por zonas industriales.
- Viviendas en su entorno
- Recalificación del suelo en su entorno.

Estos ingresos, proporcionales asimismo al tráfico de aeronaves, son de aplicación directa del equipo gestor. No están regulados por el Estado.

BENEFICIOS ECONÓMICOS PARA LA REGIÓN

Fuera del contexto puramente monetario del balance <ingresos-gastos> que generaría la explotación del aeropuerto, se producen una serie de repercusiones económicas y sociales que no deben ser despreciadas en el estudio de implantación de un aeropuerto.

El impacto económico de un aeropuerto en una zona se mide por la riqueza que genera y por la cantidad de bienes y servicios que demanda.

En primer lugar, el aeropuerto produce un efecto directo, estrechamente relacionado con los sectores de la construcción y el aeronáutico, y que no existiría en ausencia del mismo. Básicamente el efecto se materializa en los materiales constructivos empleados, y en los empleos tanto de trabajadores que lo construyen como de los que van a desarrollar sus actividades en él. Las partidas económicas vinculadas a este efecto, son las denominadas como gastos de personal y gastos de inversión.

Los efectos indirectos derivan de las actividades económicas potenciadas por el funcionamiento del aeropuerto y que no están directamente relacionadas con la actividad económica del aeropuerto. Por ejemplo la mayor actividad de agencias de viajes, los taxis y autobuses, los hoteles, restaurantes, establecimientos de ocio, etc. Estas actividades, a diferencia de las directas, pueden existir independientemente del aeropuerto, si bien éste las potencia.



Por último, y además de los anteriores, se produce un tercer tipo de efecto económico que se denominan inducidos. Éstos son los que se corresponden al con el efecto multiplicador de los efectos directos e indirectos. Son los incrementos en el PIB provincial ocasionados en otros sectores por el aumento de la producción en unos sectores determinados.

BENEFICIOS SOCIALES

Aparte de los indudables beneficios económicos que aportaría el desarrollo de un Aeropuerto, no hay que olvidar una serie de servicios sociales de interés general, que vendrían a llenar la total ausencia de dichos servicios o a complementar algunos de los ya existentes.

Considerable ahorro de tiempo en los tiempos de desplazamiento: En su comparación con los otros modos de transporte. El aeropuerto permitirá un acercamiento efectivo de la zona donde se construirá al resto del mundo. Este acercamiento sería no sólo aplicable a las personas sino a otros elementos básicos del comercio: piezas de repuesto, mercancías perecederas, etc.

Estos beneficios sociales son de difícil evaluación económica, pero tradicionalmente se valoran mediante el uso del patrón "coste/hora" del usuario del medio de transporte. Será diferente si éste usuario se desplaza en viaje de negocios, a si lo hace en viaje de placer, pero siempre se puede lograr una medición del beneficio social del "ahorro de tiempo".

No menos importantes, asimismo desde el punto de vista social, se encuentran los siguientes aspectos:

Emergencias y Protección Civil: disponer de un medio de comunicación mucho más rápido que el transporte terrestre en caso de emergencias es, claramente, de mucha importancia a la hora de paliar los efectos de catástrofes imprevistas.

Contra incendios: los aviones y helicópteros de lucha contra el fuego se han mostrado como uno de los elementos principales para poder contener rápidamente los incendios forestales. Estos medios vendrían a complementar a los medios terrestres ya existentes.

Sanitarios: el desarrollo del Aeropuerto permitiría una vía de comunicación mucho más rápida con puntos importantes de la red sanitaria nacional, lo cual es de una importancia primordial en casos de urgencia sanitaria como el de los trasplantes.



CONCLUSIONES



Ha sido muy poco el tiempo, pero muy grande el esfuerzo para ver realizado este trabajo de tesis, en el cual pudimos encontrar en una forma general todos los temas que el alumno de la materia de aeropuertos tiene que aprender en un solo semestre.

De cada uno de los capítulos de este libro bien se podría hacer una tesis, ya que el estudio de los aeropuertos y de sus instalaciones, así como de todas las ciencias y tecnologías que en ellos intervienen es muy extenso, y su evolución ha sido tan rápida que en menos de 50 años el hombre ha podido demostrar que para la imaginación y el ingenio no hay límites.

La rama de los transportes en Ingeniería Civil, en nuestros días se ha convertido en una de las más importantes para el desarrollo de una Nación, ya que, este desarrollo se ve reflejado en la creación de grandes carreteras, de novedosos puertos, de interminables vías ferroviarias, ó de inmensos aeropuertos que día con día comunican a los mas apartados valles o llanuras, que atraviesan desiertos, o que hacen un recorrido en el menor tiempo jamás imaginado, creando así, miles de empleos que ayudan a la economía del país.

En esta investigación pude darme cuenta que desde la planeación, hasta la operación de un aeropuerto el trabajo no lo puede hacer una sola persona, sino que tiene que ser un equipo de profesionales el que nos llevara a tener grandes logros que nos traerán beneficios como persona ó como profesionistas.

De los temas que mas me gustaron de este trabajo, que aunque fue muy corto, fue uno de los que mas aprendí, ese tema fue el del capítulo 6 (Operación Aeroportuaria), por que para el ingeniero no solo se trata de construir, también tiene que ser de nuestro interés, todos los beneficios que nuestras obras le dan a la población de la zona, o a la economía del país. Nosotros como ingenieros tenemos una mala fama de que somos cuadrados, y para mi eso no tiene que ser, por que un trabajo en ingeniería va más allá que solo tabique y cemento, y aunque el tema parezca más de administración o economía no tiene que ser de desinterés para nosotros los ingenieros.

En el capítulo 5 (Sistemas del Aeropuerto), pude conocer de manera especifica todos los elementos que integran a un aeropuerto y que todos ellos en su conjunto le van a dar al usuario una atención perfecta en su estadía en las instalaciones de este.



Y así, tanto la planeación de los aeropuertos, como el funcionamiento de las aeronaves, ó las ayudas a la navegación aérea, así como las partes que integran a un avión, o los elementos del sistema aeroportuario; me dejaron gran enseñanza que en mucho tiempo no voy a olvidar, y que los que lean este trabajo no se arrepentirán de hacerlo por que es tan grande y tan extenso lo que pueden aprender de el, que se van a quedar con las ganas de saber más.

Por ultimo quiero manifestar que este tipo de investigaciones se tienen que hacer más seguido, mínimo cada año, ya que la tecnología en aviones o aeropuertos avanza de manera muy rápida, y en poco tiempo, lo que hoy se muestra en este trabajo, va a ser obsoleto, ó vendrán nuevas técnicas de construcción, para rodajes o plataformas, o vendrán aviones más grandes, o pistas más cortas, ó que se yo... simplemente el trabajo nunca termina y las áreas de investigación tampoco.



BIBLIOGRAFÍA



ANEXO 14 AERODROMOS
ORGANIZACIÓN DE AVIACION CIVIL INTERNACIONAL (OACI)
1983

PROYECTO EJECUTIVO DE AEROPUERTOS
CECILIA ROSAS ZAMBRANO
1990.

XXV CURSO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE AEROPUERTOS
ING. JOSE LUIS BALTAZAR VELEZ
ING. MATIAS LOPEZ JIMENEZ
ASA Y UNAM
1997

XXVII CURSO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA DE AEROPUERTOS
MODULO I: PLANEACION.
MODULO II: PROYECTO.
ING. ALFONSO MAURICIO ELIZONDO RAMIREZ
ASA Y UNAM
1999.

PLANEACION, PROYECTO Y DISEÑO DE UN AEROPUERTO
FRANCISCO ROBLES PINTO
2002.

BIBLIOTECA DE CONSULTA
MICROSOFT ENCARTA
2005

<http://www.wikipedia.com>

<http://www.aerovía.com>

<http://www.asifunciona.com>

<http://www.aeropuertsmexico.com>