

142ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

PROYECTO EJECUTIVO DE AEROPUERTOS



TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

CECILIA ROSAS ZAMBRANO



Aragón, Edo. de México

1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

INTRODUCCION	2
CAPITULO I PLANEACION	7
1.1. Analisis de la demanda	11
1.1.1. Determinación de la demanda	14
1.1.2. Estudios origen - destino	16
1.1.3. Pronóstico de pasajeros	18
1.1.4. Tratamiento de los pronósticos.	20
1.2. Oferta de infraestructura	22
1.2.1. Clasificación de los aeropuertos.	23
1.2.2. Datos aeroportuarios.	25
Datos físicos y Datos del medio	25
1.2.3. Elementos constitutivos del aeropuerto.	27
1.2.4. Interacciones con el medio.	36
1.2.5. Plan maestro.	37
1.3. Evaluación financiera y económica	42
1.3.1. Evaluación financiera	45
1.3.2. Evaluación económica.	49
1.3.3. Indicadores de factibilidad	53
CAPITULO II PROYECTO	56
2.1. Estudios meteorológicos y topográficos.	62
2.2. Proyecto aeronáutico.	69
2.2.1. Pistas.	71
Orientación	72
a) Coeficiente de utilización	72
- Rosa de vientos	74

- Método simplificado de la D.G.A.	79
b) Superficie limitadora de obstáculos	85
Número de pistas	96
Longitud de pistas.	97
- Método aproximado de los factores a partir de la longitud básica de pista	104
- Método exacto para calcular la longitud de pista requerida basándose en el peso máximo de operación.	112
Categorías de pistas.	126
2.2.2. Calles de rodaje.	129
Calles de entrada y salida.	130
Apartaderos de espera y puntos.	131
de espera en rodajes	
Tipos de calles de desviación	131
Calles de salida rápida	135
2.2.3. Plataformas	137
Clasificación	137
Características de las plataformas.	139
Tipos de terminal	140
Embarque de pasajeros	141
Superficies de las plataformas.	149
2.3. Proyecto geométrico y drenaje	152
Consideraciones básicas	153
Información que interviene en el proyecto geométrico	154
Características generales de las pistas	157

Características generales en rodajes.	161
Características generales en plataformas.	166
Dimensionamiento de las plataformas	167
Nivelación del terreno.	171
2.3.1. Drenaje	172
Tipos de drenaje.	174
2.4. Diseño estructural de pistas, rodajes y plataformas.	178
Pavimentos - Definición	179
Pavimento flexible.	180
Capas que constituyen el pavimento flexible	181
Tipos de construcción de carpetas asfálticas,	182
Pavimento rígido.	183
Capas que constituyen el pavimento rígido.	183
Selección del tipo de revestimiento	190
a) Criterios técnicos	190
b) Criterios económicos	191
Consideraciones para el cálculo de	
los revestimientos.	193
Diseño de espesores de pavimento asfáltico.	195
a) flexible	197
b) Rígido	197
2.5 Proyecto de instalaciones industriales.	209
2.5.1. Proyecto de zona de salvación y	
extinción de incendios.	209
Tipos de agentes extintores	211
Equipos de salvación y tiempos de respuesta	212
2.5.2. Proyecto de instalaciones eléctricas.	215
Alimentación eléctrica de los aeropuertos	215

a) Red prioritaria	216
b) Red general.	216
c) Subestaciones.	217
2.5.3. Proyecto de servicio telefónico	219
2.5.4. Proyecto de instalaciones hidráulicas	220
y sanitarias	
Sistema de abastecimiento de agua	220
Instalaciones para el abastecimiento de agua.	221
Sistema de evacuación de aguas.	223
2.5.5. Proyecto de zona de mantenimiento	225
2.5.6. Proyecto de zona de combustibles.	234
Almacenamiento de combustible	234
Distribución del combustible.	236
2.5.7. Proyecto de zona de carga	239
2.6. Proyecto de ayudas visuales	244
Indicadores y dispositivos de señalización.	245
Señalamiento horizontal	245
Señales luminosas	251
Señalamiento vertical o letreros.	260
Señales electrónicas o equipo de ayuda.	262
a la navegación	
2.7. Proyecto arquitectónico	265
2.7.1. Edificio terminal	267
2.7.2. Zona de mantenimiento	282
2.7.3. Edificio técnico-torre de control	283
2.7.4. Edificio de medios generales.	294
2.7.5. Aviación general.	298

2.7.6. Principales parámetros utilizados para el dimensionamiento de los elementos del AICM.	301 301
2.8. Caminos de acceso y estacionamientos.	304
CAPITULO III CONSTRUCCION	309
3.1. Procedimiento constructivo.	313
3.1.1. Trabajos preliminares	314
3.1.2. Terracerías	315
3.1.3. Capa subrasante	319
3.1.4. Obras de drenaje.	320
3.1.5. Construcción del pavimento.	322
3.1.6. Señalamiento.	330
3.2. Reconstrucción de aeropuertos	331
3.3. Construcción de edificaciones	335
3.3.1. Edificio terminal	335
3.3.2. Edificios anexos.	337
3.3.3. Edificio del CREI	338
3.3.4. Torre de control.	339
3.4. Construcción de instalaciones industriales.	342
3.4.1. Procedimientos constructivos en las instalaciones de almacenamiento de combustible.	342 342
3.4.2. Procedimiento constructivo para el sistema de ayudas visuales y sistemas de iluminación.	344 344
3.4.3. Procedimiento constructivo para instalaciones electromecánicas, sanitarias e hidráulicas.	347 347
3.5. Control de obra y control de calidad.	351
CAPITULO IV ASPECTOS LEGALES DE LA OBRA	359
4.1. Ley de obras públicas	360

4.2. Procedimiento de licitación de obra pública	361
CONCLUSIONES	370
ANEXOS	376
TERMINOS INCLUIDOS EN PROYECTO.	382
BIBLIOGRAFIA.	390

I N T R O D U C C I Ó N

Debido a que el hombre siempre ha requerido del comunicarse con sus semejantes, para establecer primordialmente relaciones de indole comercial, ha ido creando atravez del tiempo diferentes medios para lograrlo, de esta manera su desarrollo llego hasta la creación de los aviones, los cuales pueden recorrer grandes distancias en tiempos más cortos, ahorrando más tiempo y dinero.

Como consecuencia de la creación de este tipo de transporte, es indispensable crear una infraestructura, tal que pueda recibir en forma óptima las aeronaves, las cuales van a transportar pasajeros, carga, correo y equipaje.

En base a estas necesidades y de acuerdo a la demanda se realizan pequeños aeropuertos o aeródromos que cuentan con las instalaciones básicas para dar servicio a las aeronaves, pasajeros y carga.

Pero conforme el desarrollo del lugar avanza, las instalaciones van siendo insuficientes y es necesario construir, reubicar o ampliar el aeropuerto, de acuerdo a las necesidades del mismo.

Tomando en cuenta la importancia que tiene el crear un nuevo aeropuerto, se presenta el siguiente trabajo, el cual titulado "Proyecto Ejecutivo de Aeropuertos", tiene como objetivo dar a conocer las fases a seguir para realizar una obra de tal magnitud.

El trabajo consta de 4 capítulos divididos de la siguiente manera:

- I. Planeación
- II. Proyecto
- III. Construcción
- IV. Aspectos Legales de la Obra

Cada uno de ellos engloba de manera general en que consiste su realización desde los datos requeridos hasta los resultados que se pretenden obtener.

Debido a que cada obra aeroportuaria es distinta por las condiciones en que se presenta, no se puede establecer un método general aplicable a todos los casos, pero si es posible estudiar cada caso y adecuarlo a ciertos métodos recomendables en base a la experiencia en el proyecto de aeropuertos.

Para realizar el proyecto de un aeropuerto, es indispensable basarse en un estudio de planeación, el cual nos dará la pauta para justificar su realización.

Este se encarga de determinar la relación que existe en cuanto a la demanda de transporte y la oferta de infraestructura, es decir, se encarga de determinar la demanda de transporte aéreo de acuerdo a las necesidades del lugar para impulsar su desarrollo, dependiendo de estas necesidades es como se va a crear la infraestructura de transporte aéreo, o sea, determinar las áreas mínimas requeridas de cada instalación de manera que puedan satisfacer la demanda esperada, y a su vez proveer futuras ampliaciones en caso de que el desarrollo del lugar así lo requiera.

Una vez determinada la infraestructura será indispensable conocer el impacto del aeropuerto en el lugar, para determinar si es realmente necesaria la construcción del aeropuerto, para esto se comparan las distintas opiniones de la población, transportistas, turistas, empresarios, planes de desarrollo, etc. y se les asigna un valor de manera que nos indiquen cualitativa o/y cuantitativamente si es justificable la realización de la obra.

Una vez justificado, es posible realizar el proyecto del mismo, tema del que trata el capítulo II.

Dentro de este capítulo se explican cada uno de los puntos a considerar dentro del proyecto aeroportuario.

Cada subtema, trata de darnos a conocer los datos indispensables para la realización del proyecto, se explica en que consiste, y se presentan algunas especificaciones, normas y planos generales, que servirán de orientación.

Las normas y recomendaciones están dados de acuerdo al tipo de aeropuerto; los planos que se presentan son únicamente para ejemplificar las diferencias entre los distintos tipos de aeropuertos, y mediante ellos poder basarse sobre que tipo de instalaciones debe tener el que se está proyectando.

Dentro de este capítulo, se tratan los estudios meteorológicos y topográficos, los cuales nos van a definir la ubicación del aeropuerto, la orientación de pistas, superficie limitadora de obstáculos, drenaje, terracerías, normas de construcción, etc.

El siguiente inciso trata el proyecto aeronáutico (pistas, rodaje y plataformas). Dentro de este se da mayor importancia a la parte de pistas, ya que esta rige de manera esencial el proyecto del aeropuerto.

Otro aspecto importante para la realización del proyecto de aeropuertos, es la determinación del avión crítico, el cual en combinación con los pronósticos de pasajeros, operaciones, carga, correo y equipaje, así como con los estudios topográficos y meteorológicos, servirán de gran ayuda para determinar, diseñar y determinar cada una de las instalaciones del aeropuerto.

Cada uno de los siguientes incisos trata sobre los proyectos que se deben realizar para un aeropuerto, como son el proyecto geométrico, drenaje, pavimentos, instalaciones industriales, ayudas visuales y proyecto arquitectónico.

En cada uno de ellos se plantea en que consisten y que datos se requieren para determinarlos.

En la realización del proyecto, se elaboran planos y especificaciones, los cuales servirán para la construcción del aeropuerto; tema que se trata en el siguiente capítulo.

En el capítulo III, correspondiente a construcción, se presentan los distintos procedimientos que nos llevarán a lograr la realización física del aeropuerto.

Aquí se explican los distintos pasos a seguir a partir de la ubicación del aeropuerto, en donde se tienen que realizar trabajos de movimientos de tierra para poder nivelar el terreno de acuerdo a las especificaciones del proyecto de y esta manera realizar el trabajo de construcción de la pistas, lo que implica nivelar el terreno, pavimentar, instalar luces de pista, drenaje, señalización, etc.

También se trata el tema de reconstrucción de aeropuertos, el cual se realiza cuando, es necesaria una ampliación o reubicación de un aeropuerto, de acuerdo a las necesidades de la demanda, que indique que las instalaciones actuales ya no son suficientes para realizar las operaciones requeridas.

Los demás incisos tratan los diversos temas de construcción de las distintas zonas del aeropuerto como son: instalaciones industriales, edificio, ayudas visuales, etc, en los cuales se señalan algunos procesos constructivos generales para su realización.

Por último, dentro del tema de construcción se trata lo relacionado a control de obra y control de calidad, los cuales son fundamentales en la realización de cualquier obra de Ingeniería, ambos se encargan de verificar que la elaboración de la obra se lleve conforme a las normas y planes preestablecidos, los cuales deben estar bien coordinados unos con otros para llegar a la meta requerida

Ambos temas son importantes, ya que uno se encarga de que la obra se efectue dentro de un programa, en el cual se señalan las obras principales y los tiempos en los cuales se tienen que realizar, mientras que el control de calidad efectuado de acuerdo a las normas y especificaciones preestablecidas de construcción va a proporcionar que disminuyan los riesgos que pueden presentarse en caso de falla; siendo los aeropuertos unas de las obras que mayor grado de seguridad deben tener y principalmente construirse de tal manera, que la conservación de las pistas sea mínima para evitar gastos innecesarios por un mal control de calidad.

Para finalizar este trabajo, se presenta un capítulo referente a aspectos legales de la obra, donde se explica de manera general en que consiste la ley de obras públicas, la cual presenta los aspectos legales que interviene en las obras civiles para llevarla a cabo dentro de los aspectos que esta marca.

Asimismo se presenta en que consiste la licitación pública, explicando con que requisitos deben constar las empresas interesadas en la construcción de la obra.

CAPITULO I

P L A N E A C I Ó N

La planeación es una actividad fundamental dentro de la realización de cualquier proyecto, y debe estar presente en todas y en cada una de las acciones que el Ingeniero Civil emprenda.

Es por esto que debe tenerse bien claro el concepto de planeación, su importancia, así como el proceso general aplicado a cualquier proyecto de Ingeniería.

El concepto de planeación involucra la necesidad de cambiar la situación actual por otra mejor, en base a las necesidades presentes y futuras, generando diversas alternativas de solución para evaluarlas en base a sus ventajas y desventajas, y de esta manera indicar los medios y planes adecuados para satisfacerla.

El estudio de planeación de aeropuertos viene siendo como la planeación de cualquier otro tipo de obra de servicios, se refiere esencialmente en fijar metas para permitir su desarrollo ordenado de acuerdo con las tendencias de la demanda y posteriormente, tomando en cuenta tales metas para poder controlar el crecimiento en una forma prevista hasta donde sea posible, según se presente el desarrollo de la demanda.

Los principios o bases de una planeación son los mismos, independientemente del tipo de servicio o rama de que se trate, asimismo los procedimientos de planeación, tienen generalmente una secuencia de estudio similar. Es muy importante y evidente que las personas encargadas de efectuar estos estudios, tengan conocimientos especiales sobre su rama específica, a fin de que puedan establecer criterios de desarrollo adecuado.

Esta necesidad de especialistas es muy delicada debido al es-

rado de desarrollo del país, donde se requiere exista una adecuada infraestructura aeronáutica que permita el desarrollo del transporte aéreo y que responda a las crecientes necesidades que se presentan. Por otra parte, es indispensable disponer adecuadamente de los recursos económicos al crear la infraestructura del sector transporte, ya que representan inversiones de gran magnitud y de larga vida útil. Por ello los errores de inversión en este campo son particularmente graves y costosos. Consiguientemente de ahí la importancia de la buena planeación en el desarrollo de cualquier proyecto.

Por lo que es indispensable, y siendo un proceso dentro de la planeación realizar un estudio de factibilidad financiera y económica que determine mediante indicadores si la inversión es costea-ble.

Dentro de este primer capítulo, se presentan las fases principales dentro del proceso de la planeación, así como sus rasgos más importantes. Estas fases se presentan de la siguiente manera:

FASE 1. ANALISIS DE LA DEMANDA

Dentro de la cual se determinan todos los parámetros de la demanda (pasajeros, operaciones, carga, correo y equipaje) en todas sus formas (anual, horaria y crítica); lo cual nos permite proseguir con la siguiente fase:

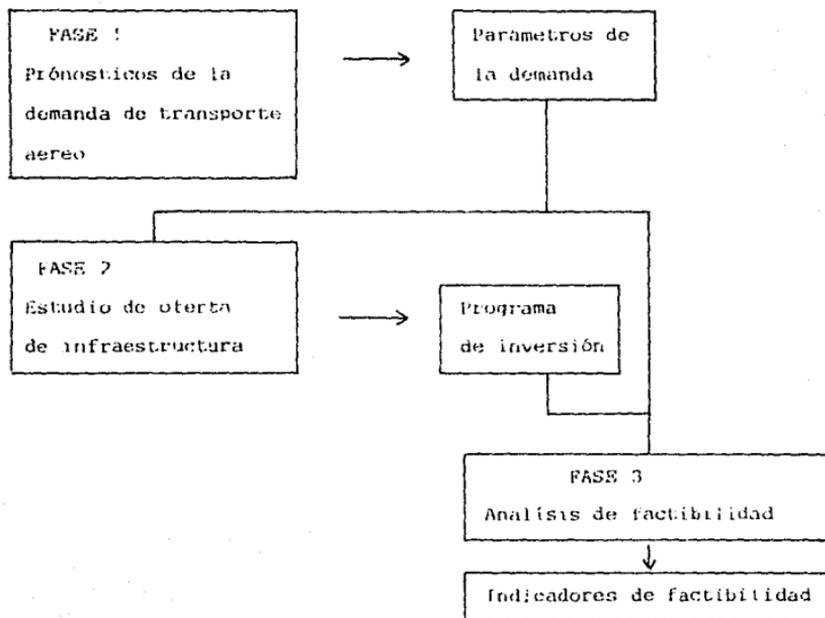
FASE 2. OFERTA DE INFRAESTRUCTURA

Con los parámetros de demanda en todas sus formas, se puede describir la evolución de la infraestructura en el tiempo, y por consiguiente, un calendario de inversiones; para continuar con la última fase:

FASE 3. FACTIBILIDAD

En la cual se analiza el impacto regional, nacional y, según todos los puntos de vista (transportistas, usuarios, gerencia de aeropuertos, etc.), tratando de juzgarlos en función de criterios simples que permitan después hacer una evaluación sobre el proyecto.

ORGANIGRAMA GENERAL.



I.1. ANÁLISIS DE LA DEMANDA

Cuando una ciudad por su desarrollo se ve en la necesidad de aumentar su capacidad de transporte, para poder satisfacer la demanda esperada, debido a que la población con la que cuenta y la esperada a futuro es considerable, es factible la construcción de un aeropuerto, que tenga la capacidad de recibir aviones de mayor tonelaje que puedan satisfacer la demanda esperada, y que a su vez logrará una integración con el país mediante el transporte comercial de turbo-reactor.

Por lo que, si a estos criterios de demanda que permiten definir un centro generador de tránsito, se le anexa el que el aeropuerto actual no este en condiciones de recibir el equipo turbo-reactor esperado, tanto por sus dimensiones como por los problemas de afectaciones en cuanto a red de carreteras y vías férreas, entonces, surge la necesidad de construir un nuevo aeropuerto, que permita la operación satisfactoria de equipo turbo-reactor del tipo DC-9-30, o del Boeing 727-200, y así cubrir cualquier meta dentro del territorio nacional, desarrollando su potencial comercial, pesquero, agrícola, portuario, industrial, o turístico según el lugar de que se trate.

Para poder proyectar un aeropuerto debemos contar con datos comprobados basados en estudios realizados. Uno de ellos, que además es de los más importantes, es el referente al análisis de la demanda, por la sencilla razón de que no podemos proyectar un aeropuerto, sin saber a cuanta gente se movilizará, qué tanta carga se

manejará, cuántas líneas aéreas incluirán al aeropuerto en sus rutas, etc. Por todo esto, es muy importante determinar y analizar la demanda de transporte aéreo, y así realizar una planeación adecuada, que nos lleve a que el proyecto y construcción del aeropuerto sea factible y acorde a las necesidades de la zona.

Es importante mencionar que en la planificación aeroportuaria, así como en la planificación de otros sistemas de transporte, la demanda esta muy relacionada con el concepto de capacidad, además, en algunos casos, la capacidad dependerá del nivel de servicio o calidad del servicio, esto significa que la capacidad estará también en función del grado de comodidad que se quiera dar al usuario. Para hacer un análisis de capacidad de aeropuertos, se deberán tomar en cuenta los siguientes elementos:

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

En el cual, es necesario resaltar la importancia de una metodología adecuada, para conocer los intervalos de variación de la demanda esperada. Esto siempre representa un problema para el ingeniero que planifica debido a que los métodos de predicción de demanda están basados en estudios que muchas veces sus resultados pueden no ser aproximados a lo real.

b) El nivel de calidad de servicio que se pretende ofrecer al usuario.

En este punto se debe destacar que si bien existen algunos elementos dentro del sistema aeroportuario, que pueden operar de acuerdo a ciertas normas de calidad, hay otras que deben sujetarse a normas estrictas, y en los que cualquier variación en la calidad puede representar riesgo en la seguridad de los usuarios.

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

En donde se presenta que existen algunas instalaciones que tienen una capacidad determinada, mientras que otras tendrán la capacidad acorde al dimensionamiento que se le de. Por ejemplo, una pista tendrá las mismas características (para el mismo tipo de avión) si se presenta una operación a la semana o 10 operaciones por hora, mientras que otras instalaciones como plataformas, rodajes, edificios, estacionamientos y zonas de almacenamiento de combustible pueden dimensionarse de acuerdo a la demanda esperada.

La construcción de un aeropuerto nuevo trae consigo una serie de beneficios socio-económicos para la región, tales como:

- Demanda económica debido a la investigación del aeropuerto.
- Generación de empleos en el área de la industria de la construcción durante esta y posteriormente en su operación.
- Incremento del turismo, industria, etc. (según el tipo de aeropuerto).
- Incremento de la industria hotelera.
- Creaciones de nuevos flujos económicos, ya que quedará unida con otras ciudades industriales, turísticas o agrícolas, lo cual le permitirá un intercambio de capitales.

Considerando todo lo anterior podemos darnos cuenta de lo que implica la creación de un aeropuerto, para el cual hay que realizar un buen proceso de planeación.

Un proceso común de planeación puede ser dividido en diferentes partes; las cuales se explican a continuación.

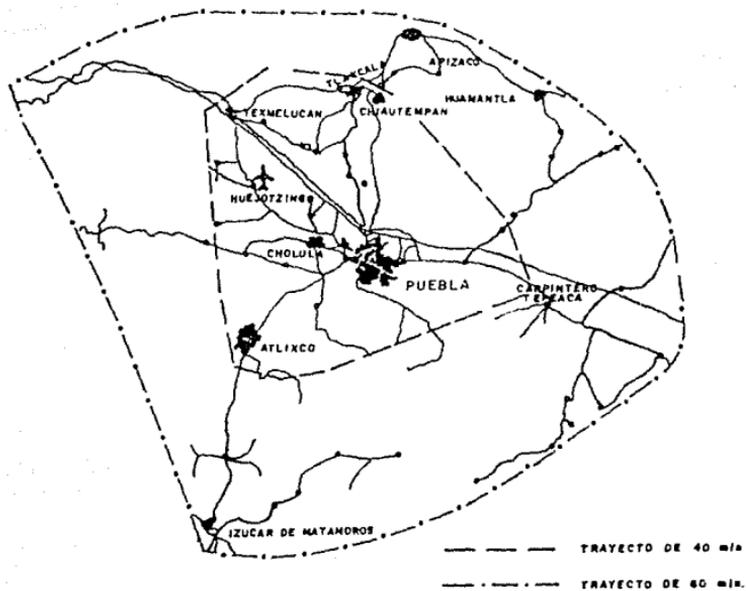
1.1.1. DETERMINACION DE LA DEMANDA

La determinación se puede realizar por una parte mediante la obtención de datos estadísticos, que normalmente son los mejores antecedentes. Estas estadísticas se refieren a pasajeros movidos, operaciones anuales, número de aterrizajes y despegues, carga movida en toneladas y algunos otros datos adicionales, como tasas de crecimiento anual.

Adicionalmente a la obtención de datos estadísticos es apropiado determinar la demanda de transporte mediante un estudio que consiste en delimitar el área de influencia del aeropuerto. Esta área cubre el conjunto de las localidades cercanas al aeropuerto, cuyos habitantes tomarían el avión en ese aeropuerto preferentemente. Este análisis tiene por objeto conocer el volumen de pasajeros tratados por el aeropuerto, y por otro lado, definir sus características socio-económicas para realizar el análisis de factibilidad.

El área de influencia de un aeropuerto debe representar la zona que abarque la mayor parte de dichos usuarios. Para determinarla se han hecho algunos estudios en aeropuertos mexicanos, considerando los orígenes (residencial) o lugar de destino de los pasajeros, los cuales revelan que la distribución geográfica implica límites precisos cuando se expresan en tiempo de recorrido, generalmente en automóvil, hasta o desde el aeropuerto.

Estos estudios reflejan que el tránsito aéreo de un aeropuerto es generado por la actividad socio-económica de la población situada en un área de influencia delimitada por dos fronteras que corresponden respectivamente a tiempos de 40 a 60 minutos.

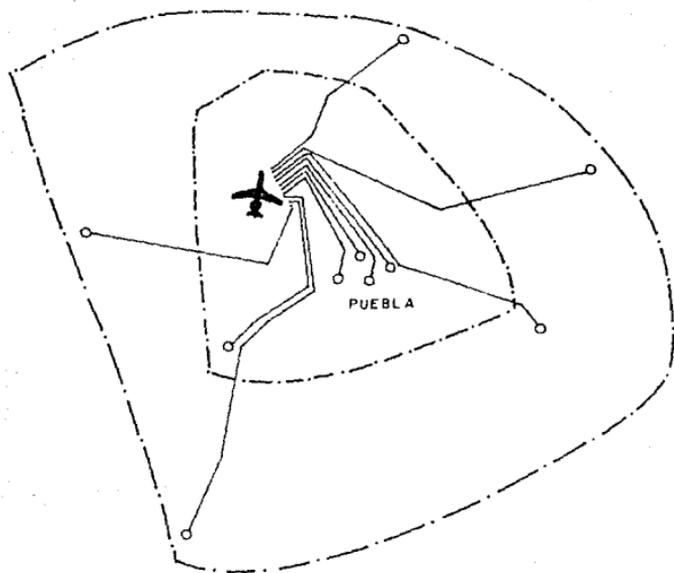


ZONA DE INFLUENCIA

1.1.2. ESTUDIOS DE ORIGEN - DESTINO

El método más utilizado para definir dentro de la demanda esperada, el número anual de pasajeros nacionales comerciales, es el que se basa en el estudio de las relaciones telefónicas entre las localidades del área de influencia y el resto del país, y poder de esta manera detectar la dirección para las que existe una demanda potencial de tránsito aéreo.

En términos generales, consiste en la recopilación de las relaciones telefónicas más importantes a partir de la Central Telefónica situada en el área de influencia (central de origen), hacia centrales exteriores (central de destino). Este total de llamadas se reducen eliminando los casos en que el origen-destino es demasiado corto para ser servido por una ruta aérea y la competencia modal lleva a suprimirlo, o sea, cuando el recorrido por carretera es más corto que el trayecto por avión, considerando evidentemente tiempos reales de recorrido. De esta reducción se obtienen los orígenes-destinos y el tránsito telefónico que nos representará las rutas aéreas más convenientes y el tránsito comercial nacional respectivamente.



ESTUDIOS DE ORIGEN - DESTINO

1.1.3. PRONOSTICO DE PASAJEROS

Una vez obtenidos los pasajeros nacionales se establecen las proyecciones a futuro, mediante leyes evolutivas, basadas en las tasas de crecimiento definidas por las estadísticas. Será necesario tomar en cuenta cierto tipo de información adicional para determinar si se puede continuar utilizando las mismas tasas de crecimiento aportadas por las estadísticas, o deben ser modificadas. Algunos de los factores que pueden rectificar tendencias son: El desarrollo económico de la región a la cual sirve el aerpuerto, el desarrollo demográfico, el desarrollo turístico, etc.

De modo general, se determinan los pronósticos de tránsito aéreo anual del aeropuerto a proyectar de los siguientes elementos:

- a) Pasajeros anuales comerciales nacionales e internacionales.
- b) Operaciones de aviación comercial nacional e internacional.
- c) Pasajeros y operaciones anuales de aviación general.
- d) Toneladas de carga, correo y equipaje.

El número de pasajeros anuales que se mueven en un aeropuerto, es la base de partida para las proyecciones, por ser el factor que permite ser proyectado a futuro con más facilidad y acercarse más a la realidad.

Los otros datos, tales como las operaciones anuales, el movimiento de carga, etc., se ven sujetas a mayor número de factores que los afectan, como los cambios de equipo de vuelo, el desarrollo industrial que modifica el movimiento de carga y otros.

Por esto para proyectar el número anual de operaciones, es necesario fijar previamente la relación de ocupación de los aviones,

es decir, el número de pasajeros promedio por avión, sus tendencias y cambios de equipo de vuelo, y posteriormente proyectar esta ocupación a futuro con ayuda de leyes evolutivas obtenidas de la evaluación histórica efectiva del tránsito aéreo mexicano.

El número de operaciones de aviones comerciales se obtienen de los pronósticos del tránsito realizable de los pasajeros, examinando los tipos de aviones que deben utilizar, sus frecuencias y su capacidad de ocupación.

El pronóstico de aviación general se determina en base al número de operaciones de aviones pasada con ayuda de un método histórico evolutivo para este tipo de transporte.

Para la carga aérea, se procede a los pronósticos mediante el estudio de los diferentes tipos de aeropuertos, ya que de estos depende la cantidad de carga a transportar.

1.1.4. TRATAMIENTO DE LOS PRONOSTICOS

Los parámetros anuales de la demanda de transporte sirven esencialmente para el estudio de las características técnicas del aeropuerto, por lo que exigen analizar la intensidad horaria del tránsito que condiciona el dimensionamiento de la mayoría de los sectores.

El tránsito aéreo se distribuye en el tiempo en forma desigual. Por lo que es obvio que las instalaciones no se pueden dimensionar en función del tránsito del pico horario absoluto por razones económicas.

La clasificación del número de horas de funcionamiento del aeropuerto en función del tránsito horario decreciente permite definir una hora crítica cuyo tránsito sirve de base al dimensionamiento del aeropuerto.

El tránsito de pasajeros comerciales en la hora crítica sirve, en todos los casos, para dimensionar la terminal de pasajeros; por su parte, el tránsito de pasajeros de aviación general permite dimensionar la terminal de aviación general.

Mientras que las operaciones en hora crítica absoluta combinada de los tránsitos aéreos comerciales y de aviación general, sirve para determinar el sistema de pistas.

Una vez obtenidos los pronósticos de pasajeros anuales, así como en hora crítica se procede en base a estos al dimensionamiento de la infraestructura necesaria para satisfacer la demanda determinada.

Pero antes cabe mencionar que es indispensable recopilar una serie de datos estadísticos referentes a la zona donde se proyecta el aeropuerto, ya que servirán de base para la realización del estudio. Estos datos se pueden presentar de la siguiente manera:

a) Demográficos

Incluyen población total y población económicamente activa de ingresos elevados.

b) Turísticos

Habitaciones de hotel de nivel de servicio elevado.

c) Transporte

Redes de carreteras, autopistas, planes de desarrollo carretero, tiempos de recorrido, infraestructura aeroportuaria, etc.

d) Económicos

PIB regional y su distribución, empleo regional, PIB por habitante, actividades industriales y terciarias, etc.

Concluyendo, se puede decir que las estadísticas y sus proyecciones servirán para obtener lo que puede llamarse "parámetros de proyecto" y sus tendencias. Estos parámetros permiten definir las magnitud de los diferentes elementos del aeropuerto, mediante concentraciones máximas frecuentes, tales como posiciones simultáneas de aviones estacionados en plataforma, y su tipo; número máximo de pasajeros, horarios nacionales de salida y de llegada; máximo horario de pasajeros internacionales de salida y llegada; número máximo de vehículos en estacionamiento, etc.

Por lo tanto, la siguiente fase señala la determinación de la infraestructura aeroportuaria en base a los datos obtenidos del análisis de la demanda.

I.2. OFERTA DE INFRAESTRUCTURA

Después de haber definido la demanda, año por año, se trata de calcular la infraestructura aeroportuaria necesaria para satisfacer aquella conforme aumenta.

Dicho cálculo no se puede realizar sin que se hayan definido previamente las condiciones locales (meteorología, topografía, geología, etc.), o incluso, sin haber descrito la situación actual en caso de que exista un aeropuerto.

Una vez definido los datos físicos básicos, es posible entonces dimensionar cada elemento del aeropuerto de tal manera que nos permita determinar en forma global su disposición, dimensiones y características particulares.

Cada elemento constitutivo del aeropuerto se debe agrupar en el Plan Maestro a largo plazo, que define la organización de dichos elementos entre sí. Es posible entonces describir el programa anual de inversiones. De la fecha en que se tomo la decisión hasta el horizonte a largo plazo elegido.

Para poder desarrollar una buena planeación de un aeropuerto es indispensable obtener datos referentes a la red aeroportuaria nacional, o sea, aquellas rutas troncales, regionales e internacionales que tengan influencia dentro del aeropuerto.

Un aeropuerto debe ser concebido en función de las exigencias de los aviones que deberá recibir; es entonces más lógico basarse, para definir las características principales del aeropuerto, en las

características de performance (funcionamiento) y las dimensiones de un avión tipo que represente el conjunto de los aparatos susceptibles a ser utilizados en las tareas confiadas a dicho aeropuerto.

De esta manera podemos dimensionar y diseñar en base al tipo de aeropuerto que tengamos. Pero es imposible hacer una descripción detallada de los distintos tipos de aeropuertos y sus características sin utilizar un sistema de clasificación, por esto antes de abordar el tema de dimensionamiento, es preferible presentar una clasificación de los aeropuertos, que sea útil y permita orientar el diseño general de un aeropuerto, que nos permita seleccionar el número de instalaciones necesarias.

1.2.1. CLASIFICACION DE LOS AEROPUERTOS

Pueden existir diversas clasificaciones de aeropuertos, pero en este caso sólo se requerirá de una que relacione las características del aeropuerto y su función. La clasificación que se presenta esta basada principalmente en la naturaleza del tránsito principal y en el avión crítico, presenta en forma más sintética y más detallada, los caracteres esenciales de las funciones que el aeropuerto debe desempeñar, incluyendo la importancia de su volumen de tránsito.

En base a esta clasificación basada en el avión crítico y tipo de tránsito es posible dimensionar las instalaciones de un aeropuerto, ya que por ejemplo, para dimensionar el área de maniobras esta condicionado por el avión crítico de acuerdo a la longitud de

pistas más importantes que se pueden presentar; las dimensiones de las instalaciones terminales están ligadas al tránsito en hora pico, apartir de la capacidad total de los aviones; la naturaleza de los equipos técnicos a instalar depende de la naturaleza del tránsito recibido (aviación ligera, pequeña aviación comercial o tránsito comercial importante), así como de la calidad del servicio deseado.

Por la tanto, la infraestructura de una zona aeroportuaria está constituida por el área de maniobras, en la cual las dimensiones permiten recibir el tipo de avión crítico.

DEFINICION DE LAS CATEGORIAS DE AEROPUERTOS

		C A T E G O R I A						
		1	2	3	4	5	6	7
		A V I A C I O N C O M E R C I A L						
		A V I A C I O N L I G E R A	A V I A C I O N G E N E R A L	L I N E A S D E T R A N S I T O B A J O	L I N E A S R E G U L A R E S I N T E R N A S	L I N E A S R E G U L A R E S I N T E R N A S	L I N E A S R E G U L A R E S P A R A D I S T A N C I A S M E D I A S	L I N E A S R E G U L A R E S P A R A D I S T A N C I A S L A R G A S
T I P O D E A V I O N C R I T I C O	M O N O M O T O R O P E Q U E Ñ O B I M O T O R		B I M O T O R	B E E C H 9 9	F 2 7	B 7 3 7	B 7 2 7 O A 3 0 0 B	D C 1 0 O B 7 4 7

1.2.2. DATOS AEROPUERTUARIOS

Una vez definido el tipo de aeropuerto, es necesario reunir e interpretar todos los datos físicos referentes al sitio y medio elegido, o sea, datos que condicionen la existencia del aeropuerto. Los cuales se presentan a continuación:

DATOS FISICOS

a) Meteorología

Dentro de la cual es importante conocer:

- El régimen de vientos que condicionan la orientación de las pistas y el coeficiente de utilización del aeropuerto.
- Las condiciones de visibilidad, que influirán en el equipo de ayudas a la navegación.
- Pluviometría, que servirá para determinar el sistema de drenaje del aeropuerto.

b) Topografía

La cual nos condiciona la implantación del aeropuerto y principalmente la orientación de pistas, también condiciona los procedimientos de aproximación y de salida, así como el respeto a las superficies de protección. Asimismo influye en el volumen de las obras de infraestructura, y por tanto sobre su duración y costo.

c) Geología y geotecnia

Condiciona la resistencia del suelo a los esfuerzos mecánicos y por tanto, el dimensionamiento de las obras, sobre todo pistas, calles de rodajes y plataformas, así como su costo.

DATOS DEL MEDIO

Constituyen una condición imperativa del funcionamiento satisfactorio de un aeropuerto, el hecho de su adecuada inserción en el medio. Para poder estudiarlo, es necesario recopilar cierto número de datos, información y documentos, principalmente respecto a:

a) Estudio de espacio aéreo y la circulación aérea.

Para lo cual se requiere planos topográficos, posición y altura de los obstáculos físicos artificiales (construcciones) en las cercanías del aeropuerto.

Es importante determinar las implantaciones y naturaleza de obstáculos radio-eléctricos que podrían entorpecer las comunicaciones aeronáuticas; así como las implantaciones que, eventualmente, puedan imponerse a la circulación aérea en la región aeronáutica interesada, en lo que se refiere a las trayectorias de aproximación, y espera o de despegue previstas en razón de la ocupación del espacio aéreo.

b) Estudio de zonas de ruido.

Datos relativos a la población que habita en las cercanías del aeropuerto, para determinar las posibles afectaciones esta y en caso necesario realizar evacuaciones a zonas de menor intensidad de ruido.

c) Estudio de los accesos al aeropuerto.

Datos relativos a las redes de carreteras existentes y proyectadas, medios de transporte colectivo, tránsito, etc.

I.2.3. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL AEROPUERTO

Cuando ya se han definido los datos físicos básico, se puede entonces dimensionar cada elemento del aeropuerto, para posteriormente agruparlos en el Plan Maestro. Esta etapa consiste en determinar y analizar sucesivamente los sectores principales que forman parte del aeropuerto, tal como estará constituido para satisfacer la demanda de tránsito aéreo.

Dentro de este capítulo sólo se mencionara la utilización de los distintos parámetros de la demanda de transporte, así como los datos relacionados al sitio.

Para poder determinar los sectores del aeropuerto debemos considerar dos factores de primordial importancia; los cuales se refieren cada uno:

1. Instalaciones básicas

El aeropuerto debe contar con instalaciones que atiendan en forma segura y eficiente la demanda de tráfico aéreo, así como de buenas comunicaciones por tierra, debe contar con zonas de mantenimiento, control de tráfico aéreo, protección contra incendios, y su propia administración, así como zonas técnicas y administrativas para las líneas aéreas que operen en el.

2. Repercusiones con el medio

Debe tomarse en cuenta la importancia de la población debido al efecto tanto del ruido como de la contaminación, así como las repercusiones del impacto socio-económico en la región.

Por lo tanto, debido a la complejidad del sistema aeroportuario, es indispensable la participación de distintos profesionales como lo son Ingenieros, Arquitectos, Economistas, Sociólogos,

Urbanistas, Ecólogos, etc., los cuales podrán definir el desarrollo del aeropuerto, en base a su demanda, impacto socio-económico e influencia en el medio.

Un aeropuerto puede estar constituido en un inicio sólo por las instalaciones más indispensables como pista, calle de rodaje, plataforma, equipo de radio, estacionamiento, camino de acceso y cono de vientos, o bien, en base a su desarrollo ser un gran complejo aeroportuario.

Un aeropuerto consta de varias zonas de acuerdo a su aplicación y a su vez, cada uno con sus propias instalaciones, las cuales en su forma más completa se puede dividir en:

1. Zona de operaciones

Destinada al movimiento exclusivo de las aeronaves, y permite la realización de operaciones de aterrizaje y despegue, así como la circulación de los aviones sobre la zona. Comprende los siguientes elementos:

a) Pistas

- Unica
- Paralela
- Convergentes

b) Calles de rodaje

- Perpendiculares
- Paralelas
- Salidas de alta velocidad

c) Ayudas visuales

- AVASIS: Sistema visual indicador de pendientes de aproximación.

- RAIL: Luz indicadora de alineamiento de pista.
- REIL: Luces indicadoras de extremo de pista.
- Faro giratorio.
- Cono de vientos.
- Luces de aproximación.
- Luces de borde de pista, calles de rodaje y plataformas.

d) Radio Ayudas

- Central 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 de pasajeros de aviación comercial

En esta zona se da atención a los usuarios de los vuelos en itinerario, y cuando se requiere de vuelos fuera de itinerario (vuelos charter). Esta constituido por:

- Plataformas
- Edificio terminal
- Estacionamiento para automoviles
- Sistema de traslado plataformas-edificio terminal

3. Zona terminal para pasajeros de aviación general

En esta zona se da atención a los pasajeros de aviación general y a compañías comerciales regionales con vuelos de corto alcance. Consta de los siguientes elementos:

- Plataforma
- Edificio terminal
- Hangares
- Estacionamiento para automoviles

4. Zona de servicio de apoyo a las operaciones

- Torre de control
- Edificio de oficinas
- Edificio de máquinas
- Cuerpo de rescate y extinción de incendios (CREI)
- Mantenimiento y construcción del aeropuerto
- Oficina de apoyo a la operación
- Servicio de plataforma
- Bodegas de las compañías aéreas
- Antenas para radio comunicación
- Mantenimiento del equipo de apoyo
- Almacenamiento del combustible

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 cuenta con instalaciones para la aduana. Se forma por:

- Plataforma
- Bodega
- Patio de maniobras
- Estacionamiento

6. Zona 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 del mismo justifica concentrar a la mayoría de la flota, y se constituye:

- Plataforma
- Hangares
- Talleres
- Oficinas
- Estacionamientos

7. Zona presidencial

Se presenta, sólo en aquellos aeropuertos en donde la actividad es sede de 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, paralizarían continuamente el aeropuerto. Comprende:

- Plataforma
- Hangares
- Salón oficial
- Estacionamiento

Después de haber presentado las diferentes zonas y elementos que conforman un aeropuerto, es importante definir sus rasgos generales, ya que para el estudio de factibilidad, no es necesario detallar las instalaciones técnicas requeridas para el funcionamiento del aeropuerto, ya que lo que se pretende es utilizar esos datos generales, de tal manera que nos permita fijar el costo de la inver-

sión con una aproximación suficiente para realizar tal estudio.

A continuación sólo se mencionarán las normas generales que rigen el dimensionamiento, así como los datos que requerimos para efectuarlo.

1. Sistema de pistas y calles de rodaje

a) Orientación de pistas

Depende de las condiciones topográficas y del régimen de vientos.

b) Longitud de pista

Se calcula respecto al avión crítico, y a su longitud básica corregida por las características de altitud, temperatura y pendiente, dependiendo del origen destino más lejano.

c) Configuración del sistema

Se deduce del tránsito esperado en hora crítica por su intensidad y composición, y se puede determinar por cuadros que relacionan la capacidad aeronáutica con las configuraciones más comunes, o bien, basándose en las especificaciones de la OACI, que establecen sus normas en base a la longitud de pista y avión crítico; dentro de la cual establece que la anchura de pista varía entre 18 y 45 m, según la clasificación antes mencionada. Para la separación entre pistas paralelas varía entre 120 y 210 m, para condiciones de vuelo sin instrumentos y 1350 para vuelo con instrumentos. La separación entre calles de rodaje varían de acuerdo a la longitud de pista, tipo de avión y utilización, ya sea para acceso a estaciona-

miento, o para tomar pista.

2. Plataforma de estacionamiento de aviones

Para determinar la separación que se utiliza entre una nave y otra, se consideran las características de los aviones (envergadura y ancho del tren de aterrizaje), y pueden variar entre 3 y 7.5 m. Para determinar la cantidad de lugares de plataforma se utilizan métodos basados en el número anual de pasajeros tratados por metro cuadrado de área de estacionamiento.

3. Edificios terminales

Para el dimensionamiento del edificio terminal se considera el tránsito de pasajeros en hora crítica, las operaciones en hora crítica, las características del sitio, así como los principales sectores que lo conforman. Se determinan mediante coeficientes de dimensionamiento que definen directamente las superficies a partir del volumen de tránsito en hora crítica o anual.

4. Área de carga

Comprende la plataforma de estacionamiento de los aviones de carga, el edificio terminal de carga y la zona de estacionamiento de vehículos de carga y de los empleados, con sus accesos correspondientes. Dentro del cual se calculan las áreas necesarias para el manejo de la carga en base a coeficientes de dimensionamiento en función del tonelaje de carga que puede ser tratado por unidad de superficie de edificio terminal.

5. Zona de aviación general

Comprende zona aeronáutica, estacionamiento para aviones, edificio terminal y hangares. Para la cual se determina en forma global la superficie de terreno requerida en función del número de aviones con base en el aeropuerto.

6. Accesos y estacionamiento de vehículos

Los accesos terrestres al aeropuerto se determinan en base a los pronósticos de tránsito horario de vehículos de pasajeros, acompañantes, visitantes y otros, además se debe considerar su vinculación con el sistema carretero. También se determina la vialidad interna en función de los pronósticos de tránsito aeroportuario, y de igual manera el área de banqueta, correspondiente al edificio terminal.

Con respecto al estacionamiento las áreas se determinan calculando el número de lugares y la superficie total, también en base a coeficientes vinculados con el tránsito de pasajeros.

7. Servicios de apoyo

Se deben considerar los rasgos generales que lo constituyen para tomarlas en cuenta en el análisis de inversión. Lo forman:

a) Instalaciones técnicas

De la cual se distinguen el edificio técnico aeronáutico destinado a las funciones aeronáuticas (Dirección del aeropuerto, servicio de meteorología, control aéreo, torre de control, locales de equipamiento, etc.) y el edificio de servicio técnico (seguridad, bomberos, central eléctrica, central frigorífica, tratamiento de agua, mantenimiento,

etc.). Para determinarlos se pueden utilizar planos tipo en función de la categoría del aeropuerto y su desarrollo.

b) Redes de distribución

Se consideran:

- El sistema de drenaje de aguas pluviales y aguas negras, de acuerdo a la pluviometría y topografía del sitio.
- El suministro de agua, determinado en base al consumo de agua vinculado al tránsito de pasajeros.
- La electricidad cuyas potencias dependen del tipo de aeropuerto.
- El servicio telefónico, de acuerdo a las necesarias por el tipo de aeropuerto.
- Distribución del agua helada, para aeropuertos importantes donde la producción del frío es centralizada.
- El combustible, de los cuales se precisa el tamaño aproximado de la capacidad de almacenamiento según la categoría del aeropuerto, y los métodos de distribución a los aviones.

c) Equipos de ayuda a la navegación

Se consideran para el estudio de factibilidad y se instalan de acuerdo a la categoría del aeropuerto. Estos equipos incluyen las ayudas visuales y los radio ayudas ya mencionados anteriormente.

1.2.4. INTERACCIONES CON EL MEDIO

Después de haber precisado las principales características del aeropuerto, se debe verificar su factibilidad desde el punto de vista de su integración con el medio. Esto se considera al investigar los sitios posibles en el área de influencia en estudio. Dentro de este capítulo, se presentan las diferentes interacciones físicas entre el aeropuerto en funcionamiento y el medio.

a) Espacio aéreo y circulación aérea

En primer lugar, se debe verificar si en el espacio aéreo de las cercanías inmediatas al aeropuerto hay algún obstáculo susceptible de entorpecer o impedir la circulación de los aviones según los procedimientos adoptados. Asimismo, es conveniente verificar si los procedimientos son efectivamente realizables en función del relieve de la región.

Esto nos permitirá apreciar las cualidades aeronáuticas del sitio en estudio, y en particular, comparar varios sitios posibles entre sí.

b) Zonas de ruido

Va que el ruido constituye la perturbación más importante que afecta el medio ambiente de un aeropuerto, es necesario estudiar la localización y la extensión de las zonas afectadas, lo que permitirá evaluar la importancia de las poblaciones afectadas y proveer las medidas a adoptar para evitar la urbanización en las zonas que corresponden al desarrollo futuro previsible del aeropuerto.

1.2.5. PLAN MAESTRO

Este conjunto de elementos, una vez definida su magnitud y etapas de desarrollo, permitirá establecer el Plan Maestro, cuyos principales objetivos son: planificar oportuna y cuidadosamente las ampliaciones de las instalaciones, garantizar mejores y adecuados servicios que permitan satisfacer la demanda de los usuarios, restringir el crecimiento urbano cuidando las áreas de aproximación y despegues con el fin de tener un espacio aéreo libre de obstáculos, y por último, prever de terrenos para futuras ampliaciones.

Cabe mencionar que dentro del contexto de un estudio de factibilidad, no se trata evidentemente de llevar a cabo este estudio en forma detallada, el cual se debe realizar por completo dentro de la fase de proyecto, una vez que se determina definitivamente su factibilidad y se decide su construcción.

Sin embargo, dentro del estudio de factibilidad, es necesario hacer avanzar la elaboración del Plan Maestro suficientemente como para:

- Asegurarse que en el sitio en estudio existe realmente una solución racional que permite alcanzar la capacidad esperada.
- Permitir establecer la estimación del costo de inversión con la precisión deseable para el estudio de factibilidad.

El Plan Maestro debe fijar lugar para cada elemento. Por ejemplo, en él debe preverse, el espacio suficiente para dar cabida al número de pistas requeridas, y tomar en cuenta las futuras ampliaciones que puedan necesitar por el advenimiento de nuevos avio-

nes. Debe preverse asimismo el espacio para la construcción del edificio de servicios públicos y zona para su crecimiento. Hay que considerar también todos los elementos con los que debe contar un aeropuerto y ubicarlos en la mejor situación, de manera que constituyan un conjunto armónico y eficiente para su funcionamiento.

Dentro de la fase de diseño e investigación del Plan Maestro no se sigue una metodología rígida ni reglas precisas, debido al gran número de factores que intervienen, así como su diversidad y limitaciones.

Sin embargo existe cierta jerarquía en los criterios de diseño, los cuales pueden tomarse de base para utilizarlos con la flexibilidad adecuada dependiendo de cada caso particular en estudio.

En su aplicación se utilizan los resultados del análisis individual de los elementos constitutivos del aeropuerto, y se realizan en general de la siguiente manera:

1. Configuración del sistema de pistas

El conjunto formado por las pistas, las salidas de pistas y calles de rodaje paralelas, constituyen naturalmente el elemento fundamental del aeropuerto. Por tanto, su localización se estudia prioritariamente y condiciona lo esencial del Plan Maestro, a partir de su configuración, número y longitud de pistas, salidas y calles de rodaje.

2. Area terminal de pasajeros

A partir de los datos obtenidos de plataforma, edificio terminal y estacionamiento de vehículos, se estudia la forma de la zona termi-

nal más adecuada al caso particular; ya sea en forma de conjunto concentrado que atiende a la aviación comercial y general, o bien en forma de dos zonas diferentes para cada tipo de actividad.

3. Primer esquema del Plan Maestro

En donde se procede a una primera búsqueda de la combinación óptima del área aeronáutica y del aérea terminal de pasajeros de aviación general y comercial, teniendo en cuenta la eficacia y la economía de los enlaces esenciales de:

- Aviones cuyos proyectos de carreteo se deben reducir al mínimo
- Pasajeros y vehículos terrestres de transporte, integrando a partir del estudio de accesos y estacionamientos de vehículos.
- Diseño de los accesos terrestres al aeropuerto.
- Diseño de la vialidad interna de circulación.

Este análisis dará lugar en general a iteraciones sucesivas respecto la diseño y a la localización del sistema de pistas o del edificio terminal.

4. Carga, Mantenimiento y Aviación General

El área correspondiente a cada uno de ellos se establece en el momento en que los bosquejos sean satisfactorios desde el punto de vista circulación de aviones. Incluso puede presentarse el caso de que se requieran cambios.

5. Servicios de apoyo

Después se localizan los edificios de servicio de apoyo (edificio técnico aeronáutico y torre de control, edificios técnicos de servicio, almacenamiento de combustible, etc).

6. Plan Maestro Final

Se verifica por último la calidad de todos los enlaces esquematizados en el diagrama funcional y la adecuada reserva de posibilidades de ampliación lo que podrá exigir nuevas adaptaciones del Plan.

Este Plan Maestro se establece para un volumen de tránsito esperado en un horizonte de estudio determinado (15 o 20 años); por lo que naturalmente la construcción del aeropuerto no se realizará en una sola etapa, lo cual se refiere a la primera puesta en servicio, por lo que se debe establecer un programa de inversiones, en el cual se debe estudiar cuál deberá ser el escalonamiento de las obras en el tiempo.

Para realizar este desarrollo por etapas es necesario definir la fecha y la importancia de cada conjunto de obras que sea necesario prever para adaptarse al crecimiento progresivo de la demanda y alcanzar así etapas sucesivas de oferta aeroportuaria.

Una vez realizando las etapas dentro del Plan Maestro es indispensable desarrollar un programa de inversiones que indique el costo por unidad de conjunto de obra incluyendo fechas de ejecución y volúmenes de obras respecto a cada sector del aeropuerto, mediante el cual podremos obtener el importe de estas inversiones por etapas.

Una vez definida la infraestructura aeroportuaria y sus inversiones, se procede a la evaluación financiera y económica del proyecto, ya que sólo así se podrá ver la posibilidad real existente para llevar a cabo el proyecto y la construcción del aeropuerto.

INVERSION POR ETAPAS
AEROPUERTO DE SAN LUIS POTOSI

ELEMENTO	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	1ª ETAPA				2ª ETAPA	
			FASE A		FASE B			
			INICIO DE CONST. 1982 PUESTA EN OPER. 1985 CAPACIDAD	1985 1987	INICIO DE CONST. 1985 PUESTA EN OPER. 1987 CAPACIDAD	1986 1996	INICIO DE CONST. 1994 PUESTA EN OPER. 1996 CAPACIDAD	2005
ZONA AERONAUTICA			CANTIDAD	COSTO M	CANTIDAD	COSTO M	CANTIDAD	COSTO M
Pista 14-32	m	6,700.00	103,500.00	694.05				
Pranostación Pista 14-32	m	9,400.00			31,500.00	294.60		
Pista 04-22	m	7,300.00	30,300.00	220.00				
Redaje A	m	4,300.00	10,120.00	43.51				
Redaje B	m	4,800.00	10,120.00	46.55				
Redaje C	m	3,400.00					1,350.00	7.29
Redaje desmorrono futuro	m	3,400.00					32,660.00	176.36
AVIACION COMERCIAL								
Plataformas	m	4,380.00	16,200.00	70.61				
Edificio Terminal	m	113,000.00			2,240.00	257.40	1,920.00	220.60
Estacionamiento	m	4,200.00	11,174.00	46.54				
AVIACION GENERAL								
Plataformas	m	4,630.00	13,900.00	62.44				
Ampliación plataforma	m	2,900.00			2,880.00	8.08		
Edificio Terminal	m	111,490.00					300.00	31.43
Hangares	m	4,800.00	7,630.00	35.90	1,177.75	8.30	16,133.00	72.80
INSTALACIONES DE APOYO								
Zona de combustibles Tanque	10.34 M		7	72.40				
Torre de Control (23 m) Lote	36.20 M		1	38.20				
CRSI con sistema Lote	33.08 M		1	23.08				
Edificio Anexo	m	63,085.70	224.00	18.60				
Edificio moquetas	m	80,404.62	344.00	27.82				
Caminos de acceso	m	4,700.00	88,385.00	180.13				
Caminos perimetral	m	348.00	39,000.00	13.90				
Redes aguas VOR/DME Lote	5.34 M		1	5.34				
Vialidad de servicio	m	1,850.00	22,280.00	25.77				
Cercado perimetral	m	1,670.00	13,200.00	22.05				
Acometida electrica Lote	23.00 M		1	23.00				
Acometida telefonica Lote	24.50 M		1	24.50				
Suministro de agua Lote	11.50 M		1	11.50				
Sistema PAPI Pza	9.54 M		2	11.08				
Casa de visitas Pza	2.10 M		2	4.20	150	7.40		
Edificio de carga m	49,300.00							
Iluminación pista, redajes y plataformas Lote	70.00 M				1	70.00		
Cisterna general	m	17,361.00	305.00	5.31				
Señalamiento horizontal y vertical Lote	11.00 M		1	11.00	0,177.00	1.95	0.838	2.40
Instalaciones exteriores Lote	81.79 M		1	81.79				
T O T A L				1,826.85		614.51		513.10

— COSTOS DE NOVIEMBRE DE 1984

1.3. EVALUACION FINANCIERA Y ECONOMICA

Para que un aeropuerto sea ejecutado físicamente se debe realizar un estudio de factibilidad financiera y económica, de tal manera que nos justifique un equilibrio entre las inversión realizada y el grado de utilización de las instalaciones aeroportuarias.

El realizar una evaluación con respecto al proyecto implica el determinar sus características tanto físicas, económicas, financieras y sociales con las cuales se debe tomar la decisión de aceptar o rechazar dicho proyecto, y poder dar por terminado el proceso de planeación.

Un aeropuerto es una obra pública que influye tanto en los hábitos de transporte de usuarios, como en los habitantes de la zona a la que se dará el servicio. Debido a ésto, y a que en nuestro país el gobierno federal se encarga de todo lo relativo a aeropuertos, desde su planeación, hasta su conservación, es necesario, además de un análisis de los aspectos técnicos y financieros, una revisión de los efectos socio-económicos que pueda tener sobre la región en particular y sobre el país en general.

Todos estos puntos deben considerarse dentro del análisis de factibilidad, pero se debe tomar en cuenta que esta no se puede sintetizar por medio de un resultado único, sino que se puede proporcionar cierto número de indicadores de factibilidad aptos para estimar los efectos de la realización del aeropuerto.

Se trata de indicadores de naturaleza e importancia variadas, según el efecto particular que indican y desde el punto de vista en que se les observa. Podemos distinguir así:

1. Indicadores cuantitativos: que dan cuenta de los efectos susceptibles de ser estimados con precisión suficiente:
 - a) de indole financiera, es decir, relativos a la factibilidad propia el aeropuerto (desde el punto de vista de las finanzas públicas), o sea, a los ingresos y egresos generados.
 - b) de indole socio-económica, que expresan el punto de vista de la colectividad nacional, regional y usuarios, generalmente referenciados a empleos.
- 2) Indicadores cualitativos: porque su justificación no es posible, o lo es con restricciones, y que se refieren:
 - a) Ya sea a transferencias posibles de actividad (punto de vista de los transportistas aéreos y terrestres) o de gastos (punto de vista de los usuarios).
 - b) o a la participación del proyecto aeroportuario en el logro de los objetivos de la planificación nacional y regional.

Un estudio de evaluación financiera y económica se realiza de la siguiente manera:

- a) Se recapitulan los datos necesarios para el estudio.
- b) Se valorizan, a partir de dichos datos, los flujos de los egresos e ingresos necesarios para fijar los indicadores.
- c) Se valorizan los datos socio-económicos útiles.
- d) Después de haberse preparado todos esos elementos financieros y socio-económicos, se establecen los balances o cuentas de

de los distintos participantes (usuarios, compañías aéreas, transportistas terrestres, comercios, operador del aeropuerto, Colectividad Nacional y Regional), siempre que permitan efectivamente elaborar posteriormente indicadores de factibilidad que sean representativos.

- e) Finalmente, en base con los elementos preparados se elaboran los indicadores de factibilidad.

Del procedimiento anterior se mencionaran algunos de los elementos más importantes que conforman la evaluación financiera y económica.

1.3.1. EVALUACION FINANCIERA

Dentro de esta evaluación se pretende presentar, de manera sencilla, la determinación y análisis de las condiciones financieras del proyecto, desde el punto de vista del operador, entendiéndose por operador el conjunto de organismos encargados de las inversiones y operaciones:

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

Dentro de esta cuenta del operador, se reduce a elementos de operación y amortización de empréstitos, contraídos por la inversión y a gastos financieros correspondientes.

A estos elementos se les considera egresos e ingresos directos, ya que se refieren a las instalaciones aeroportuarias.

Se pueden presentar mediante el siguiente cuadro sinóptico:



a) Egresos Directos de Operación:

- Compra de combustible destinado a los aviones, se consideran egresos porque están a carga de ASA, que revende y distribuye los combustibles a las compañías aéreas. Su consumo está en base al pronóstico de tránsito aéreo, en función de las distancias de vuelo.
- Otros egresos de operación referentes a:
 - Conservación y mantenimiento.
 - Servicios personales y de operación
 - Repercusión del factor trabajo
 - Equipos y bienes de operación.
 - Gastos de administración.

b) Egresos Directos por Inversión

Será utilizado para calcular los costos de creación de empleos en el periodo de estudio, así como definir las etapas de financiamiento y evaluar los efectos de la construcción sobre la actividad económica regional y sobre el empleo nacional.

La inversión se distribuye entre: producción local, importaciones directas y amortización.

c) Ingresos Directos de Operación

Corresponden a:

- Venta de combustible y lubricante a las líneas aéreas que incluyen dos tipos de ingresos: el suministro y la remuneración del servicio de distribución en el aeropuerto. Se calculan en base a los volúmenes de compra.
- Servicios auxiliares y aeroportuarios efectuados por ASA, que incluyen:

- Auxiliares: arrendamientos, energía eléctrica, consumo de gas.
- Aeroportuarios: aterrizaje, plataforma, zonas de pernocta, pasillos telescópicos, salas móviles y servicios de aviación general.

d) Ingresos Directos por Inversión

Formados por el DUA, que constituye una tarifa al uso de los aeropuertos, cobrado por la Secretaría de Hacienda; además se considera el ingreso por terrenos liberados, en el caso de desplazamiento del aeropuerto, donde se contabiliza el valor del terreno liberado por el aeropuerto existente que se abandona.

e) Pérdidas Indirectas

Se consideran efectos desfavorables, por la pérdida que representa para algunos participantes desfavorecidos por la creación del aeropuerto. La constituyen:

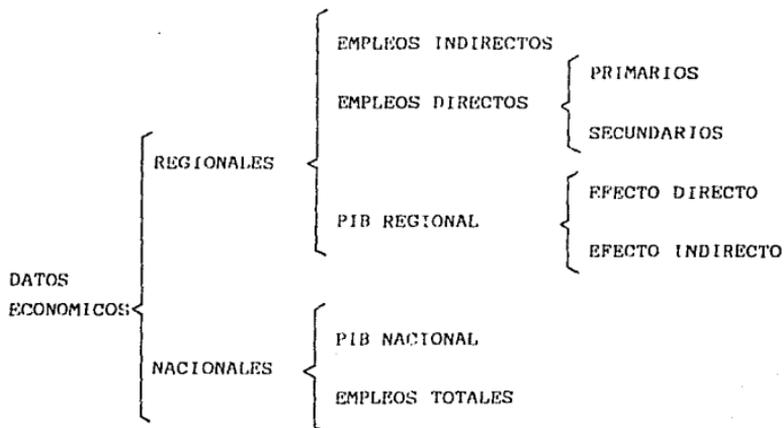
- Flujo de divisas debidas a importaciones de materiales y equipo especializado.
- Pérdida de producción debido a la adquisición de terrenos que fueran de fuente de producción agrícola o industrial.
- Pérdida de transportistas terrestres, cuando hay transferencia modal de transporte (principalmente por carretera).
- Efectos del ruido, representa la perturbación causada a la población cercana al aeropuerto, y se cuantifica como pérdida en el momento en que se tienen que realizar obras de aislamiento acústico.

f) Ganancias Indirectas

- Flujo de divisas de turismo, que se determina por la cantidad de pasajeros internacionales susceptibles a introducir divisas al país.
- Flujo de divisas por venta de combustible y servicios auxiliares. Representa los ingresos correspondientes a ventas y servicios a compañías extranjeras.
- Volumen de negocios para compañías aéreas, y comprende los ingresos del tránsito de pasajeros y de transporte de carga efectuados por las compañías aéreas.
- Ganancias para los pasajeros, cuando es más conveniente en costo y tiempo el transporte por avión al de carretera.
- Volumen de negocios de los comercios, se refiere al aumento del comercio en las ciudades dentro del aérea de influencia del aeropuerto.

1.3.2. EVALUACION ECONOMICA

Para realizar la evaluación económica se deben recopilar datos económicos que nos permitan continuar; estos los podemos desglosar de la siguiente manera:



1. Datos Económicos Regionales.

A. Empleos

Se analizan los diferentes empleos que se generan como consecuencia del proyecto, entre los que se encuentran:

1. Empleos directos primarios.

Corresponden al aeropuerto, en lo referente a su construcción (empleos provisionales) y a su operación (empleos permanentes), es decir los empleos del operador del aeropuerto (ASA y SENEAM).

* P.I.B. : Producto Interno Bruto

2. Empleos directos secundarios

Creados por las demás actividades relacionadas con el aeropuerto (compañías aéreas, comercios, servicios, etc.).

3. Empleos indirectos

Creados por el funcionamiento de los empleos directos primarios y secundarios.

B. PIB Regional

1. Efecto directo

A partir de estos empleos se puede evaluar directamente la incidencia del aeropuerto sobre la actividad económica regional. Se evalúan acumulando los flujos monetarios generados por la actividad del aeropuerto. Tales son: gastos de inversión, actividad de los comercios, es decir, el aumento de volumen de negocios de los comercios locales, debido a los gastos de los pasajeros y los salarios pagados a los empleados permanentes primarios y secundarios. De este total se determina la participación en el PIB Regional.

2. Efectos indirectos

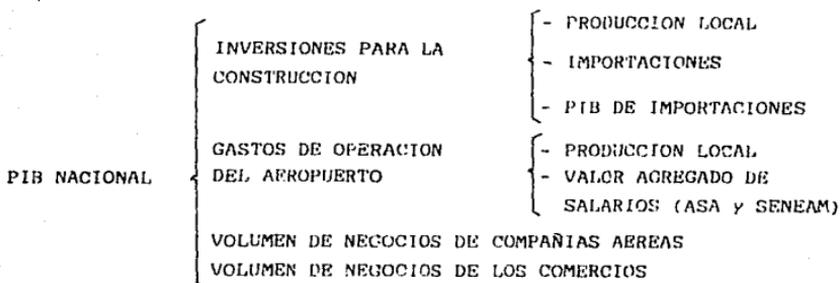
Se obtiene mediante coeficientes que afectan al PIB directo.

Mediante estos dos (efectos directos e indirectos) se mide la participación del aeropuerto en el PIB Regional.

2. Datos Económicos Nacionales

Además de los efectos regionales, el aeropuerto suscita una

actividad económica fuera de su región. Por tanto, debe estimarse el efecto total del proyecto a nivel nacional. Donde se determina su participación en el PIB Nacional y en la escala nacional de empleos totales nacionales. Para la participación dentro del PIB Nacional se consideran:



Una vez determinado los principales elementos que miden el efecto dentro del proyecto, se analiza el punto de vista particular de cada uno de los participantes cuya actividad esta influenciada por la realización del aeropuerto. Estas pueden ser cuentas financieras cuando se refieren al operador y se comparan tanto los ingresos como los egresos y el beneficio puede ser negativo o positivo; o bien pueden ser cuentas económicas; cuando se examina el punto de vista de todos los demás participantes, es decir:

- Usuarios, el cual representa una ganancia debido al beneficio que se obtiene sobre el costo generalizado del transporte entre carretera y avión.

- Comercios, resulta una ganancia debido al incremento de los comercios causados por los pasajeros inducidos.

- Compañías, resultan beneficiadas debido al incremento de pasajeros y carga aérea.

- Transportistas carreteros, representa una pérdida por la transferencia de pasaje.

- Colectividad Regional: Se evalúa en términos de empleos generados y del crecimiento económico regional.

- Colectividad Nacional, se evalúan por su participación en el PIB a los empleos totales, balance de egresos e ingresos, así como el balance de divisas referentes a importaciones y a turistas extranjeros.

1.3.3. INDICADORES DE FACTIBILIDAD

De estas cuentas obtenidas se establecen cierto número de indicadores de factibilidad que sintetizan los resultados de la evaluación financiera y económica.

Se presentan dos tipos de indicadores clasificados en:

a) Indicadores Cuantitativos

Designados así por su carácter preciso y totalmente objetivo.

Se trata de:

1) Indicadores Financieros

Permiten evaluar la factibilidad financiera del aeropuerto, a nivel estrictamente financiero desde el punto de vista del operador, y se emplean generalmente la tasa interna de rendimiento financiera del aeropuerto y el coeficiente multiplicador del ingreso, que nos representan el beneficio neto del aeropuerto.

2) Indicadores Económicos

a) De índole nacional, que expresan el impacto en la economía nacional los cuales se expresan por:

- Tasa interna de rendimiento de inversión.
- Costo del empleo permanente.
- Total de empleos por año.
- Participación en el incremento del PIB.
- Balance de divisas actualizado acumulado.

b) De índole regional, que evalúan el impacto regional, los cuales son:

- Participación en el incremento regional del empleo.
- Participación en el crecimiento del PIB por habitante.
- Número neto de personas en zona de ruido.

c) De índole particular, que define el punto de vista de los propios pasajeros expresado como un indicador benéfico con respecto a los pasajeros que utilizan el aeropuerto.

b) Indicadores Cualitativos.

Así asignados porque, incluso si alguno de ellos es cuantificable, tiene un carácter menos riguroso, o porque expresan puntos de vista muy particulares. Se consideran:

1. Indicadores de Transferencia.

Referentes a las ganancias que obtienen ciertos participantes con respecto a las pérdidas que a otros genera el proyecto aeroportuario. Se presentan dos casos:

- Transferencia entre transportistas. Se analizan las ganancias netas de compañías aéreas y pérdidas netas de transportistas terrestres.
- Transferencia del aumento de ingresos de operación a los pasajeros. Que se presenta en el caso de que la carga considerada por pasajero sea mayor a la real, para lo cual se tiene que deducir el ingreso correspondiente.

2. Conformidad con los Planes de Desarrollo

Se verifica la compatibilidad de cada proyecto con los Planes de desarrollo Nacionales y Regionales, principalmente: Plan Global de Desarrollo, Plan Nacional de Desarrollo Urbano, Plan Nacional de Desarrollo Industrial, y algunos planes estatales, dentro de los cuales se examinan algunos aspectos con respecto a la posición del proyecto con respecto a los objetivos de los planes, tales como: empleo, autonomía, desarrollo regional, productividad económica y social, desarrollo agropecuario, política de precios y tarifas, etc.

Para situar un proyecto dentro de un programa aeroportuario de conjunto, se utilizará por último como indicadores: El costo de inversión y la fecha de la etapa de construcción o de ampliación y el costo total de la inversión con respecto al conjunto del período estudiado.

El conjunto de todos los indicadores tienen la función de orientar a los responsables a tomar decisiones pertinentes; aunque es muy difícil ponderar estos indicadores, debido a que cada uno tienen importancias diferentes, sin embargo, por cuestiones políticas es necesario darle un peso y valor a cada indicador para así poder tomar una decisión con respecto a la aceptación o rechazo del proyecto.

CAPITULO II

PROYECTO

El proyecto de aeropuertos como cualquier otro debe tomar en cuenta la factibilidad técnica y económica de su proyecto, de lo contrario, se llegará a especificar soluciones que desde el punto de vista constructivo sean prácticamente imposibles de realizar o bien antieconómicos.

Por lo tanto, una vez realizado los estudios de planeación y evaluando la factibilidad económica y financiera, es posible proceder al proyecto del aeropuerto, a partir de los datos determinados en el capítulo anterior los cuales nos servirán de referencia para determinar cada una de las áreas que forman parte del aeropuerto.

El proyecto en el campo de la Ingeniería consiste en la utilización de principios científicos, información técnica e imaginación, en la definición de una obra que cumpla funciones específicas con el máximo de economía y eficiencia.

Se refiere, en otras palabras, a la simulación de lo que queremos construir, antes de construirlo, tantas veces como sea necesario, para confiar en el resultado final.

En esta etapa, como ya mencionamos debe apoyarse en los datos y requerimientos proporcionados por la planeación, para definir las posibles soluciones a un problema determinado, plasmandolo posteriormente en planos y especificaciones la solución óptima.

En este capítulo trataremos algunos puntos más importantes a considerar para el diseño de las zonas aeroportuarias, no se pretende proporcionar especificaciones o fórmulas estipuladas, sino más

bien establecer bases y cuando sea conveniente establecer procedimientos sencillos que nos auxilien en el proyecto de aeropuertos.

Para esto el proyecto aeroportuario se dividió en siete subsistemas conforme a su aplicación, quedando de la siguiente manera:

a) Estudios meteorológicos y topográficos.

En el cual se mencionan los tipos de estudios meteorológicos y topográficos a realizar, y se señala su importancia y aplicación dentro del proyecto.

b) Proyecto aeronáutico

Se proporciona información respecto a los elementos que lo conforman, como son: pistas, calles de rodaje y plataformas. Considerando que apartir de su dimensionamiento se establece la extensión del aeropuerto y la ubicación de las demás instalaciones.

c) Proyecto geométrico y drenaje.

Se proporcionan datos sobre atineamiento vertical y horizontal de pista, rodajes y plataformas, y nos servirá de pauta para proyectar la red de drenaje.

d) Diseño estructural de pistas, rodajes y plataformas.

Se dan criterios para seleccionar el tipo y espesor del pavimento en base a su comportamiento, y aplicación.

e) Proyecto de instalaciones industriales

Dentro del aeropuerto existen instalaciones necesarias para su óptimo funcionamiento. Tal es el caso de CREI, zona de mantenimiento, central eléctrica, etc. De los cuales se trata su importancia dentro del aeropuerto y consideraciones a tomar en cuenta en cada uno de ellos.

f) Proyecto de ayudas visuales.

Se mencionan algunas especificaciones y tipos de ayudas a la navegación, tanto de señales, letreros, radio-ayudas, iluminación e indicadores.

g) Proyecto Arquitectónico.

Se menciona la importancia de unificar todo el sistema aeroportuario a futuro y se estipulan algunos parámetros a considerar para el dimensionamiento de las áreas del aeropuerto.

Dentro de este capítulo, se presentan normas, especificaciones y recomendaciones para el proyecto de aeropuertos estipulados por la OACI (Organización de Aeronáutica Civil Internacional), la cual su fin principal es fomentar el crecimiento ordenado de la Aviación Civil Internacional en todo el mundo para satisfacer las necesidades públicas de un medio de transporte aéreo seguro, regular, eficiente y económico, para evitar el desperdicio económico originado por la competencia irrazonable y para fomentar la seguridad en vuelo.

El trabajo de la OACI se divide en cuatro categorías generales: navegación aérea, seguridad y regularidad de los vuelos internacionales, aspectos económicos del transporte y leyes internacionales.

Dentro de estas funciones esta el establecer estándares para la navegación aérea y su programa contempla la publicación de sus convenios, asambleas, acuerdos, consejos, reglamentos internos, así como procedimientos para los servicios de navegación aérea, estudios de transporte aéreo, publicaciones técnicas, etc.

Dentro de las publicaciones técnicas destacan, el anexo 14 y los manuales técnicos. El anexo 14 establece normas y métodos recomendados internacionales por la OACI, para la realización segura y eficiente

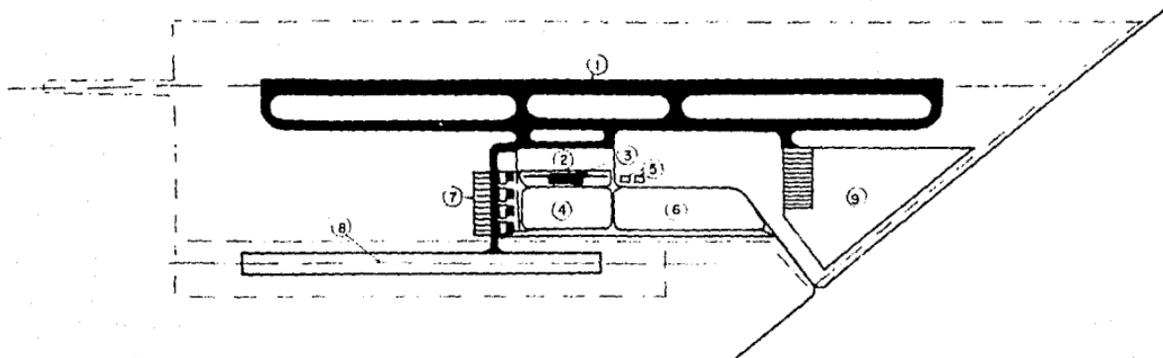
de las instalaciones, servicios y procedimientos que puedan afectar las operaciones de las aeronaves.

Estas normas y métodos establecen especificaciones físicas, configuraciones, material, performance, personal y procedimiento, cuya aplicación uniforme se considera necesaria para la seguridad o la regularidad de la navegación aérea internacional y a la que, de acuerdo con el Convenio, se ajustarán los Estados contratantes.

En general, el Anexo 14 presenta normas y recomendaciones con respecto a las características físicas de pistas, rodajes y plataformas, así como restricción y eliminación de obstáculos, ayudas visuales a la navegación, así como servicios de emergencia entre otros.

La OACI publica además documentos técnicos relativos a navegación, dentro de la cual están los manuales que proporcionan orientación e información y están destinados a facilitar la aplicación uniforme de la normas y métodos recomendados internacionales.

Dentro de los manuales que publica se encuentran: Manual de Aeropuertos, Manual de Planificación de Aeropuertos, Manual de Proyecto de Aeródromos, el cual incluye pistas, calles de rodajes y plataformas, ayudas visuales y sistema eléctrico; y el Manual de servicios de Aeropuertos que trata lo relativo a Salvamento y Extinción de Incendios, Superficie de pavimentos, Protección contra aves, limitación de obstáculos, Métodos de mantenimiento de aeropuertos, etc., los cuales serán de gran ayuda para llevar a cabo el proyecto de un aeropuerto de acuerdo a las disposiciones establecidas por la OACI, en acuerdo con la Dirección General de Aeropuertos.



- ① PISTA
- ② PLATAFORMA
- ③ EDIFICIO TERMINAL
- ④ ESTACIONAMIENTO DE VEHICULOS
- ⑤ EDIFICIOS TECNICOS
- ⑥ AREA PUBLICA
- ⑦ ZONA DE AVIACION GENERAL
- ⑧ PISTA DE AVIACION GENERAL
- ⑨ ZONA MILITAR

2.1. ESTUDIOS METEOROLÓGICOS Y TOPOGRÁFICOS

En cada sitio considerado para la localización de un aeropuerto, se deben definir sus datos físicos según sean necesario para estudiar las características del aeropuerto. Generalmente se considerarán dos tipo de datos esenciales:

- Los datos que condicionan la existencia misma del aeropuerto en el sitio proyectado.
- Los datos que condicionan en forma importante los costos de construcción.

Estos dos se refieren a los datos físicos del sitio: el primero referido a la meteorología y el segundo a la topografía.

Refiriendose a la meteorología, cabe mencionar su importancia, ya que es precisamente en la atmósfera donde se desarrollan las actividades aéreas, y en base a las condiciones meteorológicas que pueden variar considerablemente es que se decide la ubicación del nuevo aeropuerto.

El estudio meteorológico para aeropuertos tiene como meta determinar la variación de los fenómenos atmosféricos en los sitios propuestos logrando conocer la magnitud de estos y proporcionando datos que resultan auxiliares eficaces en el proyecto general de un aeropuerto. Estos estudios consisten básicamente en analizar los datos estadísticos de los fenómenos atmosféricos en el lugar de estudio.

Los fenómenos más importantes que deben considerarse, para el caso de los aeropuertos son: viento, temperatura, lluvia, humedad, techo y visibilidad, cuyos datos deben ser recopilados en las estaciones meteorológicas previamente instaladas.

Dentro de las condiciones meteorológicas hay que considerar que la distribución de los vientos combinada con la visibilidad y el techo de nubes, son elementos de primordial importancia para decidir la orientación de las pistas y tomar medidas de previsión para que las operaciones se realicen en todo tiempo o solamente en condiciones visuales. Ciertas localidades pueden estar sujetas a la formación de niebla, fenómenos de turbulencia o mayor precipitación pluvial lo que puede restar eficacia y regularidad a las operaciones.

Para obtener todos los datos antes mencionados, las estaciones meteorológicas deberán instalarse lo más cerca del área por estudiar, ya que de ello dependerá lo exacto de los proyectos parciales en los que tienen influencia directa los fenómenos atmosféricos. Para la localización de las estaciones meteorológicas se debe tomar en cuenta que estén situadas en el sitio más elevado de la zona de estudio, en un sitio despejado donde se pueda captar la mayor parte de la lluvia y el viento corra libremente, además de que sea un lugar accesible y los más cercano a la pista o pistas propuestas.

El equipo que forma la estación meteorológica debe constar de:

- Anemocinógrafo: Registra dirección y velocidad del viento.
- Higrotermógrafo: Registra temperatura y humedad relativa.
- Pluviógrafo: Registra cantidades de precipitación.
- Proyector de techos: Ayuda a estimar la altura de las nubes.

De todos los datos obtenidos en la estación meteorológica se traducen a cifras y lenguajes comunes, luego se clasifican en forma estadística y posteriormente se analizan de acuerdo a normas establecidas, para conocer su magnitud, y consecuencias, en las partes que integrarán el aeropuerto que se proyecta.

A continuación se expresa la interrelación que tienen los diversos fenómenos meteorológicos, su variación y su magnitud dentro de los diferentes aspectos que encierran el proyecto aeroportuario.

1. Humedad relativa.

Se obtiene de las lecturas del higrómetrografo, y se calculan con los datos obtenidos los promedios anuales y mensuales. Es indispensable para el cálculo y selección del equipo para acondicionamiento del clima en áreas donde se requiera, auxilia en la estimación del tiempo de fraguado de concretos y mortero.

2. Lluvia

De las medidas del pluviógrafo se obtienen directamente o calculando: la curva intensidad-duración, número de días de precipitación, número de días de tempestad, promedio de precipitaciones anuales, promedio de máximas anuales de las precipitaciones diarias.

De su magnitud depende el cálculo de la capacidad de drenado de la zona, su periodicidad auxilia a la programación de la obra, así como a la utilización de impermeabilizantes.

3. Temperatura.

Se determinan las temperaturas máximas y mínimas diarias, se calculan los promedios anuales de temperaturas máximas y mínimas, así

como la temperatura de referencia, o sea, el promedio de las máximas del mes más cálido.

Estos datos son indispensables en el cálculo de la longitud de pista, selección de materiales para la construcción de pistas, plataformas, rodajes y accesos en general, así como en el cálculo de equipo de clima artificial.

4. Techo y visibilidades.

Es indispensable determinar la altura de techos de nubes, así como la visibilidad horizontal. Estos datos son indispensables para determinar la dirección del aterrizaje por instrumentos; así como su selección y uso de ayudas visuales, tanto en el proyecto como en la operación del aeropuerto.

5. Vientos.

El análisis de vientos se realiza a través de la Rosa de Vientos que es una representación gráfica de la forma en que inciden los vientos en el lugar de estudio, componiéndose el análisis de vientos directos y rosa de vientos cruzados.

Es importante en la orientación y número de pistas, ya que la OACI estipulan estas deben ser tales que las operaciones puedan realizarse en un porcentaje no menor al 95 % del tiempo en que este en funcionamiento, así como su componente de velocidad en la superficie perpendicular a su eje longitudinal no impida el aterrizaje o el despegue.

Otro de los estudios que se tiene que realizar para la ubicación de un aeropuerto, y que está estrechamente relacionado con los costos de construcción es la topografía.

La topografía es importante por la pendiente del terreno, por la situación y por la variedad de características naturales, por ejemplo, árboles y cursos de agua; así como la existencia de estructuras artificiales, edificios, carreteras, líneas de alta tensión, etc., pueden influir en la necesidad de efectuar trabajos de desmonte, terraplenado, nivelación y drenaje. La pendiente natural y el drenaje del terreno son importantes desde el punto de vista del proyecto y construcción, porque determinan el volumen y la magnitud de los trabajos de movimiento de tierra y de nivelación, necesarios para contener las pendientes descadas y, por ende, el costo de preparación del emplazamiento. Un terreno que no se ajuste de cerca a los niveles previstos, y que cuente con un buen drenaje, puede ahorrar sumas considerables.

Por lo tanto, para realizar este estudio es necesario recopilar cierta cantidad de documentos que nos permitan conocer el área. Tales documentos son:

1. Fotos y mapas en distintas escalas 1/25 000 y 1/50 000, que nos permitan elegir las plataformas posibles aceptables en función del relieve (curvas de nivel), de las infraestructuras (carreteras, ferrocarriles, líneas eléctricas, etc.) o de los elementos naturales existentes (bosques, ríos, etc.) y que permitan asimismo hacerse una idea de los volúmenes de excavaciones y del saneamiento a realizar.

2. Mapas geológicos, son utilizados para estimar globalmente la naturaleza de los suelos y por ende, el valor del terreno desde el punto de vista capacidad de sustentación, facilidad de excavación y saneamiento, nivel freático, etc.

3. Planos de catastro, sirven para determinar aproximadamente el valor del terreno (tierras cultivadas o no) y para evitar la división excesiva de las parcelas, volviéndolas inutilizables para la agricultura.

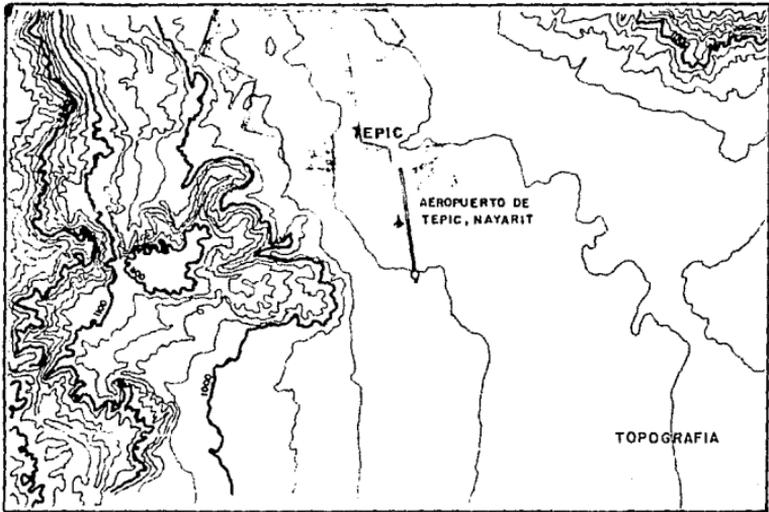
4. Planos de urbanización, dan el trazado de infraestructuras proyectadas (carreteras, vías ferreas, etc.) así como la ampliación de las zonas de vivienda o de trabajo.

Luego de haberse efectuado un estudio sobre el plan es necesario hacer una prospección sobre el terreno y a menudo realizar un reconocimiento aéreo. Esta prospección es útil para verificar los elementos ya conocidos sobre el papel y eventualmente se completa la documentación. Es importante tener contacto con las colectividades locales concernientes o interesadas en el proyecto, ya que son ellos a menudo los que conocen mejor, tanto los problemas tocantes a las características mismas de la plataforma, como los problemas del entorno y la ocupación del suelo.

Con todos estos datos se puede empezar a seleccionar las posibles ubicaciones para el aeropuerto y en las que se deben cumplir ciertas especificaciones. El área adecuada debe estar provista de tal modo, que pueda dar cabida a un aeropuerto del tipo requerido; estará determinada por la longitud y configuración de la pista y por las necesidades del área terminal.

Los terrenos del sitio deben estar relativamente planos, para evitar los costos excesivos de nivelación. Los terrenos elevados son preferibles a los bajos, ya que normalmente están libres de obstrucciones en las zonas de aproximación; además están menos sujetos a

neblinas, vientos erráticos y son más fáciles de drenar.



2.2. PROYECTO AERONAUTICO

El proyecto aeronáutico consiste en definir la zona aeronáutica, constituida por las superficies que el avión utiliza en tierra para operar. Atraves de esta zona, se lleva a cabo la comunicación entre el transporte aéreo y el terrestre. En forma general se divide en:

- a) Pistas
- b) Calles de rodaje
- c) Plataformas

A continuación, se hará una descripción de los elementos que conforman cada uno de ellos, especialmente las pistas, ya que en base a esta es como se estipulan las dimensiones del terreno a utilizar y se distribuyen los demás elementos. Por tanto, dentro de las pistas se tratará su orientación, la cual se basa en estudios meteorológicos y topográficos señalados en el inciso anterior; también se proporcionan criterios para calcular su longitud y número de pistas.

Respecto a rodajes y plataformas se mencionan sus características y funciones primordiales, así como posibles configuraciones.

Para poder realizar el proyecto aeronáutico de un aeropuerto es indispensable ya tener definida la localización de este. Esta localización debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

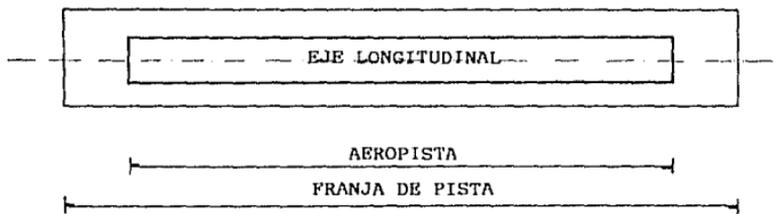
- Tipo y desarrollo de las áreas circundantes.
- Condiciones atmosféricas
- Disponibilidad de terrenos para futuras ampliaciones.
- Presencia de otros aeropuertos en la región.

- Obstáculos cercanos.
- Disponibilidad de servicio.
- Proximidad a regiones que tienen demanda aérea.

Todos estos estudios se realizan dentro de la etapa de planeación, como ya fue señalado en el capítulo anterior, aquí sólo se mencionan debido a la importancia que tiene la ubicación del aeropuerto dentro del proyecto aeronáutico.

2.2.1. PISTAS

Se denomina aeropista 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 de 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:

- 1) Número de movimientos anuales y en hora crítica.
- 2) Repartición y regularidad del servicio aéreo.
- 3) Tipo de avión crítico del aeropuerto.
- 4) Condiciones del viento y visibilidad.
- 5) 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.

1. ORIENTACION 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.

A. COEFICIENTE DE UTILIZACION

Determinado por la distribución de los vientos, mediante el cual obtendremos la dirección de despegue y aterrizaje de los aviones. El coeficiente de utilización representa el porcentaje de los casos donde las observaciones meteorológicas han sido favorables para el despegue de las aeronaves, o sea, el porcentaje de frecuencia con que pueden ser utilizada una pista en la dirección determinada de despegue. 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 (definido como viento transversal) no sea excesiva, o sea, mayor al que puede admitir un avión, sin que este al tener contacto con la pista sufra un esfuerzo lateral por viento tendiendo a hacerlo girar o volcar. 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, se establece para cada categoría de aeropuerto un viento cruzado admisible. La Dirección General de Aeropuertos presenta la siguiente tabla de vientos cruzados admisibles según el tipo de aeropuerto.

CLASE DE AERODROMO	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:

LONGITUD	VELOCIDAD MAXIMA
mayor de 1500	37 km/h condiciones normales 24 km/h condiciones de frenado deficiente
1200 - 1500	24 km/h
menor de 1200	19 km/h

La elección de los datos que se han de usar en el cálculo del coeficiente de utilización debería basarse en estadísticas confiables de la distribución de vientos, que abarque un periodo tan largo como sea posible, preferiblemente no menor a 5 años.

Para determinar la orientación de la pista y su coeficiente de utilización puede ser efectuado por diferentes procedimientos como:

- a) Rosa de vientos.
- b) Método simplificado de la DGA

A continuación se describe cada uno de ellos de manera sencilla:

- a) Cálculo de la rosa de vientos.

En el cálculo de la rosa de vientos se instalan estaciones de tiempo o meteorológicas en el lugar en que se pretende construir el aeropuerto. Frecuentemente, no se han registrado los datos relativos a los vientos predominantes cuando la ubicación del aeropuerto es nueva. De ser así se deben consultar los registros de estaciones meteorológicas cercanas. Si el terreno circundante es bastante llano, los registros de dichas estaciones deberían indicar las características de los vientos predominantes en el lugar propuesto para el ae-

ropuerto. No obstante, si el terreno es accidentado, la configuración de los vientos viene dictada por la topografía y es peligroso utilizar los registros de las estaciones situadas a cierta distancia. 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 vientos considerando los siguientes pasos:

a) Se obtienen los registros meteorológicos. Las lecturas se dividen en : Norte (N), Nornoroeste (NNE), Noreste (NE), Estenoroeste (ENE), Este (E), Estesureste (ESE), Sueste (SE), Sursuroeste (SSE), Sur (S), Sursuroeste (SSW), Suroeste (SW), Oestesuroeste (WSW), Oeste (O), Oestenoroeste (WNW), Noroeste (NW) y Nornoroeste (NNW).

b) Se clasifican de acuerdo a la velocidad en:

- calmas de 0 a 48 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 vacian en la siguiente tabla y los porcentajes reducidos para cada dirección dentro de la rosa de vientos, de acuerdo a cada rango y dirección. La rosa de vientos se muestra en la figura siguiente.

d) Con estos resultados se esta en posibilidad de dibujar las gráficas de la rosa de vientos, tanto directos como cruzados, lo cual

RUMBO	RANGO I	RANGO II	RANGO III
	NUMERO DE PORCENTAJES DE LECTURAS DE RANGO I	NUMERO DE PORCENTAJES DE LECTURAS DE RANGO II	NUMERO DE PORCENTAJES DE LECTURAS DE RANGO III
N			
NNE			
NE			
ENE			
E			
ESE			
SE			
SSE			
S			
SSW			
SW			
WSW			
W			
WNW			
NW			
NNW			
S.			
CALMAS =			
TOTAL % = $\frac{\text{RANGO I} + \text{RANGO II} + \text{RANGO III} + \text{CALMAS}}{100.00}$			

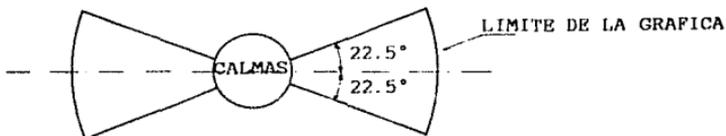
NOTAS: Con un promedio de _____ lecturas diarias

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

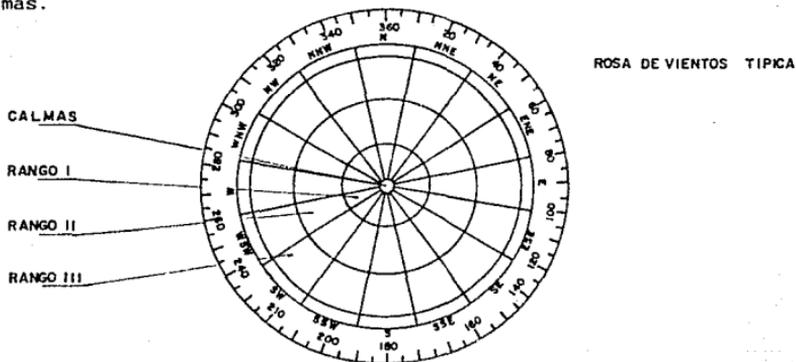
será útil para normar el criterio respecto a la orientación de las pistas.

1) Vientos Directos

Para elaborar la rosa de vientos directos se elabora una plantilla en forma de corbata de moño, cuya abertura angular es de 45° . Este ángulo se basa en especificaciones de la Agencia Federal de Aviación (FAA), y es el ángulo máximo que el viento puede formar con la trayectoria de vuelos y considerarse aún como viento directo.



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

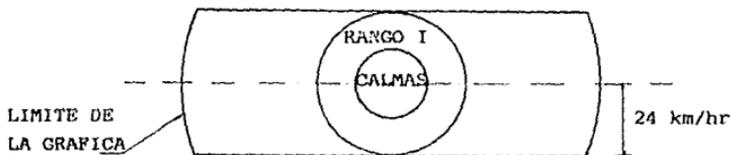


El análisis se inicia colocando la plantilla encima de la rosa de vientos, de tal manera que la línea central de la franja pase por el centro de la misma. Utilizando el centro de esta como eje de rotación, se hace girar la franja transparente hasta que la suma de los porcentajes comprendidos entre líneas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

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

b) Vientos Cruzados

Se elabora a partir 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 longitud igual al diámetro igual al máximo de la rosa.



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

d) Método simplificado

En la DGA, dado el volumen de rosas de viento por calcular y viendo que las porciones de área cubiertas por las plantillas son constantes y que solamente varían los porcentajes de viento en cada rumbo y por cada rango, se tabularon las porciones de área cubiertas por las plantillas en formas de factores, tal como aparecen indicados en las columnas de la parte derecha de las hojas "Cálculo de porcentajes de vientos directos" y "Cálculo de porcentajes para vientos cruzados, reduciéndose el cálculo a simples operaciones aritméticas.

El procedimiento a seguir es prácticamente el mismo, o sea, se llena la tabla correspondiente, anotando la cantidad de lecturas meteorológicas obtenidas en un año para cada dirección y cada rango. Se suma el total de lecturas y se determina el porcentaje que representan las lecturas en cada rango y dirección, para lo cual se calcula un factor igual a la división del 100% entre el total de las lecturas, este resultado se multiplica por el número de lecturas de cada rango, anotando en la tabla, tanto el porcentaje exacto como el reducido, de manera de comprobación se suman todos los porcentajes de los rangos I, II, III, y calmas, debiéndose obtener el 100%.

Cada uno de los porcentajes reducidos de los rangos I, II y III se multiplican por las constantes dadas en los porcentajes cubiertos en cada rumbo. Una vez encontrados estos porcentajes se suman las columnas y se les agrega el porcentaje de calmas, ésto dará como resultado final el porcentaje de vientos predominantes.

Otenidas las sumas finales de cada columna, se considera la mayor como la orientación más adecuada para la pista principal. La secuencia es la misma en la tabla de vientos cruzados.

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS	OFNA. DE PROYS. AERONAUTICOS	SECCION DE METEOROLOGIA	AEROPUERTO DE:
CALCULO DE PORCENTAJES PARA VIENTOS DIRECTOS				PERIODO DE OBSERVACIONES:

RUMBO	RANGO I			RANGO II			RANGO III			PORCENTAJES CUBIERTOS EN CADA RUMBO																								
	LECTURAS	LECTURAS	LECTURAS	01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27	10-28	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35														
N										1.000	1.000	0.811	0.717																0.674	0.811	1.000			
NNE										0.860	0.844	1.000	1.000	0.711	0.878																0.694			
NE											0.890	0.852	1.000	1.000	0.653	0.849																		
ENE													0.778	0.722	1.000	1.000	0.844	0.900	0.086															
E															0.974	0.811	1.000	1.000	1.000	0.811	0.987													
ESE																0.884	0.800	0.844	1.000	1.000			0.722	0.878										
SE																				0.890	0.872	1.000	1.000	0.872	0.888									
SSE										0.860	0.844												0.778	0.722	1.000	1.000	0.844							
S										1.000	1.000	0.811	0.717																				0.888	
SSW										0.860	0.844	1.000	1.000	0.722	0.878																			
SW											0.834	0.832	1.000	1.000	0.852	0.844																		
WSW													0.778	0.722	1.000	1.000	0.844																	
W															0.812	0.811	1.000	1.000	1.000	0.811	0.987													
WNW																			0.844	0.800	0.844	1.000	1.000	0.722	0.878									
NW																						0.890	0.872	1.000	1.000	0.872	0.888							
NNW										0.860	0.844												0.778	0.722	1.000	1.000	0.844							
S.																																		
CALMAS																																		

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

TOTAL % = **PORCENTAJES DE LECTURAS** 100.00
 RANGO I + RANGO II + RANGO III + CALMAS

NOTAS: Con un promedio de _____ lecturas diarias

M = **NUMERO DE LECTURAS** =
 RANGO I + RANGO II + RANGO III + CALMAS

FACTOR % = 100 / **M** =

Una vez determinada la dirección a la cual el porcentaje de vientos es mayor, se procede a determinar el número de la pista, situada en el punto en que la línea central de la plantilla cruza la escala de direcciones.

La dirección de las cabeceras de una pista se señalan con dos dígitos que indican el azimut directo y el inverso; respectivamente, medidos a partir del norte magnético.

En ocasiones se presenta el caso, que la dirección de las pista se tiene que virar debido a otro factor muy importante para la orientación de esta, refiriendonos a los obstáculos que pueden presentarse y que obstruyen el funcionamiento de las operaciones, por lo tanto, es necesario estudiar los obstáculos naturales y artificiales que se encuentren dentro de la superficie limitadora de obstáculos.

A continuación se presenta un ejemplo del método simplificado para orientación de pistas, del aeropuerto de Huejotzingo, Puebla. En las cuales con los datos de vientos registrados durante el período de observaciones citado, y siguiendo el procedimiento descrito, se observa en la tabla de vientos directos que la columna en donde la suma es mayor nos indica la orientación de pista más adecuada; la cual estará representada por los dígitos que corresponden a dicha columna, siendo esta de cabeceras 17 - 35; no siendo necesaria una pista secundaria debido a que los vientos cruzados en esa dirección son aceptables.

DIRECCION GENERAL DE AEROPUERTOS

DEPARTAMENTO DE PROYECTOS OFNA. DE PROYS. AERONAUTICOS SECCION DE METEOROLOGIA

AEROPUERTO DE: HUEJOTZINGO, PUEBLA

CALCULO DE PORCENTAJES PARA VIENTOS DIRECTOS

PERIODO DE OBSERVACIONES: 1968 — 1970

RANGO I			RANGO II			RANGO III			PORCENTAJES CUBIERTOS EN CADA RUMBO																				
NUMERO DE HORAS DE VIENTO DIRECTO	NUMERO DE VIENTOS EN VENTAS	00-09	01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27	10-28	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35										
22.64	12.685	12.70	17.00	0.095	0.10	1.000 X	1.000 X	0.611 X	0.167 X															0.167 X	0.611 X	1.000 X			
						12.60	12.80	7.82	2.14															2.14	7.82	12.80			
						0.600 X	0.844 X	1.000 X	1.000 X	0.722 X	0.374 X																0.056 X		
493	2.762	2.80	4	0.022	0.0			0.399 X	0.633 X	1.000 X	1.000 X	0.433 X	0.589 X																
								1.09	2.33	2.80	2.80	2.33	1.09																
2	0.011	0.0								0.678 X	0.722 X	1.000 X	1.000 X	0.844 X	0.900 X	0.006 X													
												0.660 X	0.611 X	1.000 X	1.000 X	1.000 X	0.611 X	0.167 X											
651	3.648	3.6	1	0.006	0.0							0.60	2.19	0.056 X	0.300 X	0.844 X	1.000 X	1.000 X	0.10	0.10	0.722 X	0.07	0.276 X	0.03					
														0.01	0.05	0.09	0.10	0.10			0.722 X	0.07	0.276 X	0.03					
13	0.073	0.10														0.389 X	0.633 X	1.000 X	1.000 X	0.611 X	0.167 X	1.000 X	0.07	0.276 X	0.03				
																3.27	6.99	8.40	8.40	0.05	0.14	0.722 X	0.07	0.276 X	0.03				
1498	8.393	8.40	7	0.039	0.0											0.05	0.14	0.722 X	0.07	0.276 X	0.03	1.000 X	0.07	0.276 X	0.03	0.833 X	0.327	0.989 X	3.27
																			0.05	0.14	0.722 X	0.07	0.276 X	0.03	0.833 X	0.327	0.989 X	3.27	1.000 X
31	0.174	0.20				0.800 X	0.056 X	0.01														0.167 X	0.611 X	1.000 X	0.944 X				
						0.10	0.01																0.167 X	0.611 X	1.000 X	0.944 X			
3705	20.759	20.80	578	3.237	3.2	1.000 X	1.000 X	0.611 X	0.167 X																				
						23.90	23.90	10.60	3.99																				
9.	0.050	0.10				0.600 X	0.844 X	1.000 X	1.000 X	0.722 X	0.374 X																		
						0.05	0.09	0.10	0.10	0.07	0.03																		
327	1.832	1.8	14	0.078	0.1			0.389 X	0.633 X	1.000 X	1.000 X	0.611 X	0.389 X																
								0.74	1.58	1.90	1.90	1.58	0.74																
1	0.006	0.0				0.278 X	0.374 X	0.722 X	0.722 X	1.000 X	1.000 X	0.844 X	0.500 X	0.056 X															
										0.611 X	0.611 X	1.000 X	1.000 X	1.000 X	0.611 X	0.167 X													
606	3.395	3.4	1	0.006	0.0					0.57	2.08																		
												0.056 X	0.300 X	0.844 X	1.000 X	1.000 X	0.722 X	0.14	0.276 X										
41	0.230	0.2	1	0.006	0.0							0.01	0.01	0.19	0.19	0.20	0.20	0.722 X	0.14	0.276 X	0.05	1.000 X	1.000 X	0.633 X	0.389 X				
3250	18.210	18.2	10	0.056	0.1																								
						0.800 X	0.056 X	0.01																					
10	0.056	0.1				0.05	0.01																						
2902	72.25	72.30	632	35.39	3.5																								

CALMAS	E	4313	24.153	24.20
PERCENTAJES DE LECTURAS				
RANGO I	=	24.20		
RANGO II	=	3.50		
RANGO III	=	0.00		
TOTAL %	=	100.00		
NUMERO DE LECTURAS				
RANGO I + RANGO II + RANGO III + CALMAS		=	17 847	
FACTORES DE CORRECCION				
FACTORS %	=	100 / N	=	0.0056032

NOTAS: Con un promedio de 23 lecturas diarias

CALMAS = 24.20
RANGO I = 72.30
RANGO II = 3.50
RANGO III = 0.00
TOTAL % = 100.00

ION L D E R T O S	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS	OFICINA DE PROYECTOS AERONAUTICOS	SECCION DE METEOROLOGIA	AEROPUERTO DE: HUEJOTZINGO, PUEBLA
	CALCULO DE VIENTOS CRUZADOS			PERIODO DE OBSERVACIONES: 1968 - 1970

8 - 36	01 - 19	02 - 20	03 - 21	04 - 22	05 - 23	06 - 24	07 - 25	08 - 26	09 - 27	10 - 28	11 - 29	12 - 30	13 - 31	14 - 32	15 - 33	16 - 34	17 - 35
RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII	RII
0.01	1.000	0.01	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.02	1.000	0.02	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.03	1.000	0.03	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.04	1.000	0.04	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.05	1.000	0.05	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.06	1.000	0.06	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.07	1.000	0.07	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.08	1.000	0.08	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.09	1.000	0.09	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.10	1.000	0.10	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.11	1.000	0.11	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.12	1.000	0.12	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.13	1.000	0.13	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.14	1.000	0.14	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.15	1.000	0.15	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.16	1.000	0.16	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.17	1.000	0.17	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.18	1.000	0.18	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.19	1.000	0.19	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988
0.20	1.000	0.20	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988	0.012	0.988

24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20	24.20
72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30	72.30
3.38	3.40	3.34	3.73	1.70	1.03	0.62	0.30	0.12	0.11	0.13	0.36	0.62	1.13	1.85	2.78	3.34	3.38
99.88	99.90	99.84	99.23	98.20	99.53	97.17	96.80	96.62	96.61	96.63	99.86	97.12	97.63	99.35	99.28	99.84	99.88

B. SUPERFICIE LIMITADORA DE OBSTACULOS

Otro de los factores importantes para orientación de pistas es encontrar una alineación tal que permita se logren llevar a cabo con seguridad las operaciones de los aviones previstos.

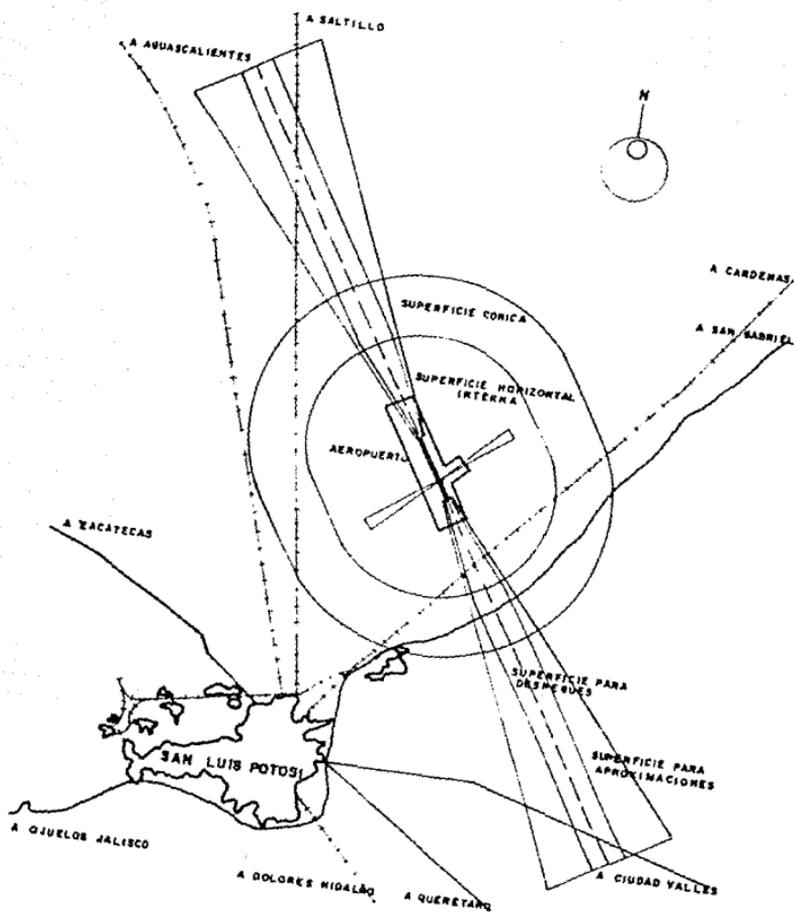
en términos generales, las pistas deben estar orientadas de manera que las aeronaves no tengan que pasar sobre zonas pobladas y eviten los obstáculos.

A causa de las grandes extensiones de terreno que abarcan los aeropuertos a lo largo de los ejes de las pistas, es difícil conseguir terrenos que ofrezcan todos los márgenes deseados, y en consecuencia, tienen que evitarse accidentes de relieve, tales como elevaciones del terreno, árboles y estructuras artificiales que constituyan obstáculos.

Cualquier objeto que limite las trayectorias de vuelo existentes puede limitar la eficiencia de las operaciones. Por lo tanto, es indispensable definir el espacio aéreo que debe mantenerse libre de obstáculos alrededor del aeropuerto para que puedan llevarse a cabo con tal seguridad las operaciones de aviones previstas y evitar que el aerodromo quede inutilizado por la multiplicidad de 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 opera-



ciones requieran una limitación y señalamiento de obstáculos más extenso al que puedan proporcionar otras superficies limitadoras. Esta superficie se extiende a un radio de 10 millas náuticas del aeropuerto, teniendo una altura de 145 m sobre el nivel de este.

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, posiblemente después de descender a través de las nubes.

Es una superficie de pendiente ascendente y hacia afuera que extiende desde la periferia de la horizontal interna.

Los límites de la superficie cónica comprenden: un borde inferior que coincide con la periferia de la superficie horizontal interna y un borde superior situado a una altura determinada sobre la superficie horizontal interna.

La pendiente de la superficie cónica se mide en un plano vertical perpendicular a la periferia de la superficie horizontal interna correspondiente.

c) Superficie Horizontal Interna.

Tiene como finalidad definir la parte del espacio aéreo en la vecindad inmediata a 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 Aproximaciones.

Tiene como objetivo definir el espacio aéreo que deberá mante-

nerse libre de obstáculos o bien restringirlos; para proteger a las aeronaves en su fase final de aproximación para aterrizar.

Sus límites serán: un borde interior de longitud especificada, horizontal perpendicular a la prolongación del eje de la pista y situada a una distancia determinada antes del umbral; dos lados que parten de los extremos del borde interior y divergen uniformemente en un ángulo determinado respecto a la prolongación del eje de pista y un borde exterior paralelo al borde interior. La elevación del borde interior será igual a la del punto medio del umbral. Las pendientes se medirán sobre el plano vertical que contenga la pista.

e) Superficie de Aproximaciones Interna.

Es una porción rectangular de la superficie de aproximación inmediatamente anterior al umbral y define el espacio aéreo que deberá mantenerse libre de obstáculos en la fase final de aproximación de precisión. Esta se delimita por un borde que coincide con el borde interior de la superficie de aproximación con su longitud propia; dos lados que parten de los extremos del borde interior y se extienden paralelamente al plano vertical que contiene el eje de la pista y un borde interior paralelo al borde interior.

f) Superficie de Transición.

Esta superficie se extiende a lo largo del borde de la franja y del borde de la superficie de aproximación, de pendiente ascendente y hacia afuera hasta la superficie horizontal interna.

Sus límites de transición serán un borde inferior que comienza en la intersección del borde de la superficie de aproximación con la superficie horizontal interna y se extiende siguiendo el borde de la

superficie de aproximación hasta el borde interior de esta y desde allí, por toda la longitud de la franja, paralelamente a la pista; y un borde superior situado en el plano de la superficie horizontal interna. Su elevación a lo largo del borde inferior de esta zona será igual a la elevación de la superficie de aproximación y a lo largo de la franja será igual a la elevación del punto más próximo sobre el eje de la pista. Su pendiente se medirá en un plano vertical perpendicular al eje de la pista.

g) 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 sólo admite que sobresalgan de ella objetos frágiles.

Esta es similar a la anterior pero más próxima a la pista. Sus límites son: un borde inferior que comienza al final de la superficie de aproximación interna y que se extiende a lo largo del lado de la superficie de aproximación interna hasta el borde interior de esta superficie; desde allí a lo largo de la franja paralela al eje de la pista hasta el borde interior de la superficie de aterrizaje interrumpido y desde allí hacia arriba a lo largo de la superficie de aterrizaje interrumpido hasta el punto donde el lado corta la superficie horizontal interna; y un borde superior situado en el plano de la superficie horizontal interna.

Su elevación a lo largo de la superficie de aproximación interna y de la superficie de aterrizaje interrumpido, es igual a la considerada en ese punto y a lo largo de la franja, es igual a la elevación del punto más próximo sobre el eje de la pista o de su prolongación.

h) Superficie de Aterrizaje Interrumpido.

Trabaja conjuntamente con las superficies 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 situado a una distancia especificada después el umbral, que se extiende entre las superficies de transición internas.

Sus límites serán un borde interior horizontal y perpendicular al eje de pista, situado a una distancia especificada después del umbral; dos lados que parten de los extremos del borde interior y divergen uniformemente en un ángulo determinado del plano vertical que contiene el eje de pista, y un borde exterior paralelo al borde interior situado en el plano de la superficie horizontal 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.

i) 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, cuando la hubiere; dos lados que parten de los extremos del borde interior y que divergen uniformemente, con un ángulo determinado respecto a la derrota de despegue, hasta la anchura final especificada manteniendo después

dicha anchura a lo largo del resto de la superficie de ascenso de despegue; y un borde exterior horizontal y perpendicular a la derrota de despegue especificada.

La elevación será en el borde interior igual a la del punto más alto de la prolongación del eje de pista entre el extremo de ésta 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 pista.

Dimensiones y pendientes de las superficies limitadoras de obstáculos.
PISTAS DE ATERRIZAJE

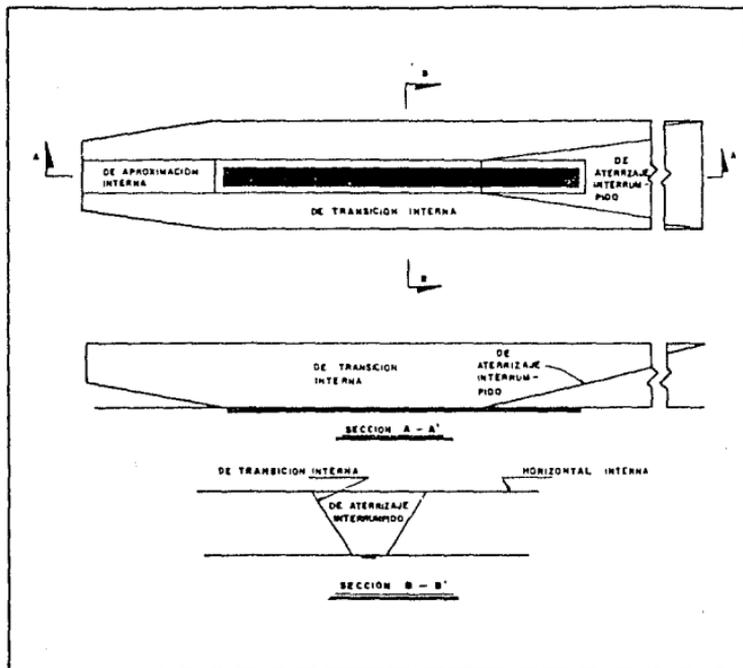
Superficies y dimensiones ¹	Clasificación de las pistas									
	Aproximación visual				Aproximación que no sea de precisión			Aproximación de precisión		
	Número de clase				Número de clase			Categoría I		Categoría II o III
	1	2	3	4	1,2	3	4	Número de clase 1,2	3,4	Número de clase 3,4
(ft)	(21)	(30)	(40)	(50)	(60)	(75)	(90)	(150)	(100)	(110)
CÓNICA										
Pendiente	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Alcance	35 m	55 m	75 m	100 m	60 m	75 m	100 m	60 m	100 m	100 m
HORIZONTAL INTERNA										
Alcance	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m
Alcance	2 400 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 500 m	3 500 m	4 000 m	3 500 m	3 500 m	4 000 m
APROXIMACIÓN INTERNA										
Alcance	-	-	-	-	-	-	-	60 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	60 m	60 m	60 m
Longitud	-	-	-	-	-	-	-	60 m	60 m	60 m
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	2,5%	2%	2%
APROXIMACIÓN										
Longitud de la zona de aterrizaje	60 m	60 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m	150 m	160 m	300 m
Distancia desde el umbral	30 m	30 m	60 m	60 m	60 m	30 m	60 m	30 m	60 m	60 m
Distancia desde el extremo de la pista	10%	10%	10%	10%	15%	1%	15%	15%	15%	15%
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcance	1 500 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	2 500 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Alcance	1%	1%	3,33%	2,5%	3,33%	2%	2%	2,5%	2%	2%
Superficie	-	-	-	-	3 000 m ²	3 000 m ²	3 000 m ²	3 000 m ²	3 000 m ²	3 000 m ²
Pendiente	-	-	-	-	2,5%	2,5%	3%	2,5%	2,5%	2,5%
SECCIÓN SUPLENATORIA										
Longitud	-	-	-	-	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m	3 000 m
Alcance desde el umbral	-	-	-	-	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m	15 000 m
DE TRANSICIÓN										
Pendiente	2,5%	2,5%	3,33%	2,5%	2,5%	3,33%	2,5%	2,5%	2,5%	3,33%
DE TRANSICIÓN INTERNA										
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	2%	3,33%	3,33%
SUPERFICIE DE ATERRIZAJE (TERMINADO)										
Longitud de la zona de aterrizaje	-	-	-	-	-	-	-	60 m	120 m	120 m
Distancia desde el umbral	-	-	-	-	-	-	-	60 m	60 m	60 m
Distancia desde el extremo de la pista	-	-	-	-	-	-	-	10%	10%	10%
Pendiente	-	-	-	-	-	-	-	2%	3,33%	3,33%

1. Para el cálculo de las superficies de aterrizaje, se se miden horizontalmente.

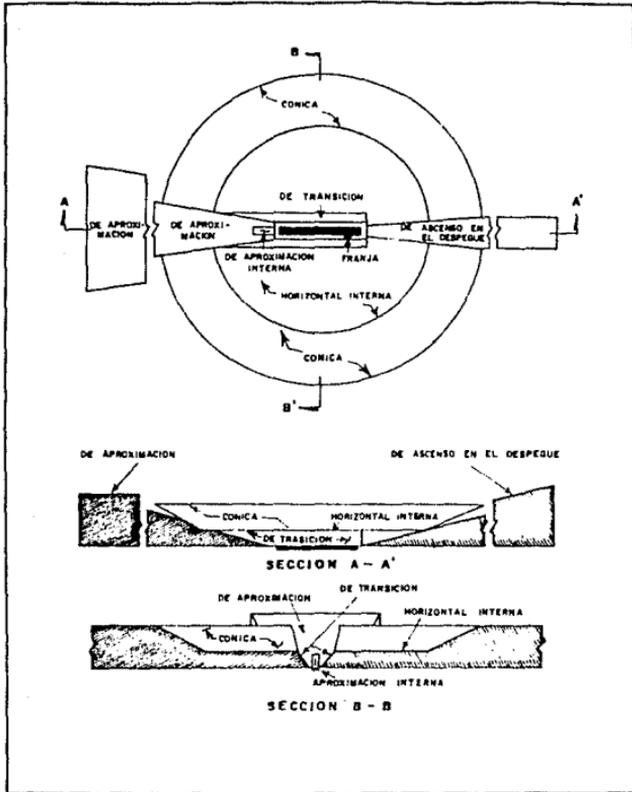
2. Longitud variable.

3. La distancia desde el umbral de pista se mide horizontalmente.

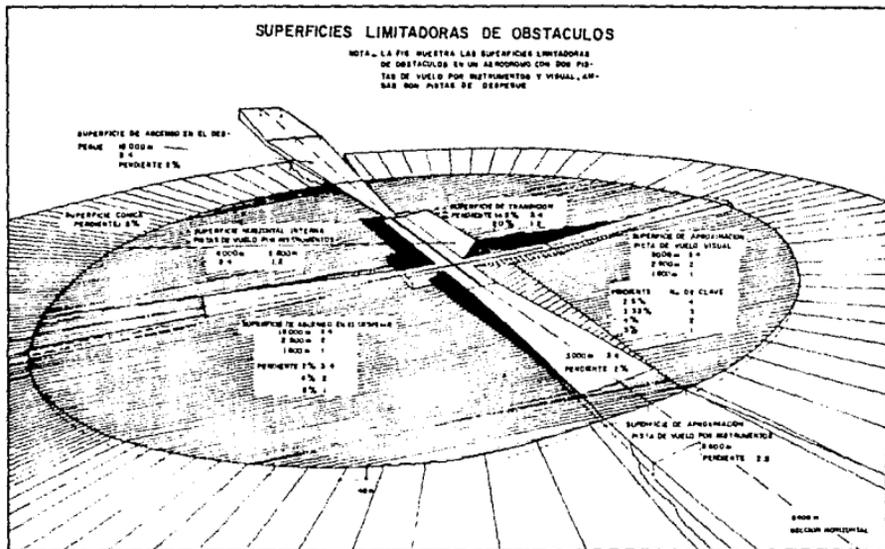
4. Desde el extremo de la pista.



SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS DE APROXIMACION INTERNA, DE TRANSICION INTERNA Y DE ATERRIZAJE INTERRUMPIDA.



SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS



2. NUMERO 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 período 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 está imposibilitado de 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 del aeropuerto pueden interrumpir la regularidad del servicio aéreo. No obstante, como las pistas para vientos transversales se utilizarían solamente con fuertes componentes de viento frontal, puede ser considerablemente más cortas que las pistas principales.

3. LONGITUD DE PISTA

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.

Esas previsiones deberán informarnos sobre los diferentes aviones que utilizarán en el aeropuerto. A través de un análisis de destinos y de compañías se podrá elegir el 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 las 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.

Existe además de las características de performance y masa de operación de las aeronaves otros factores que influyen en la longitud de pista, tales son:

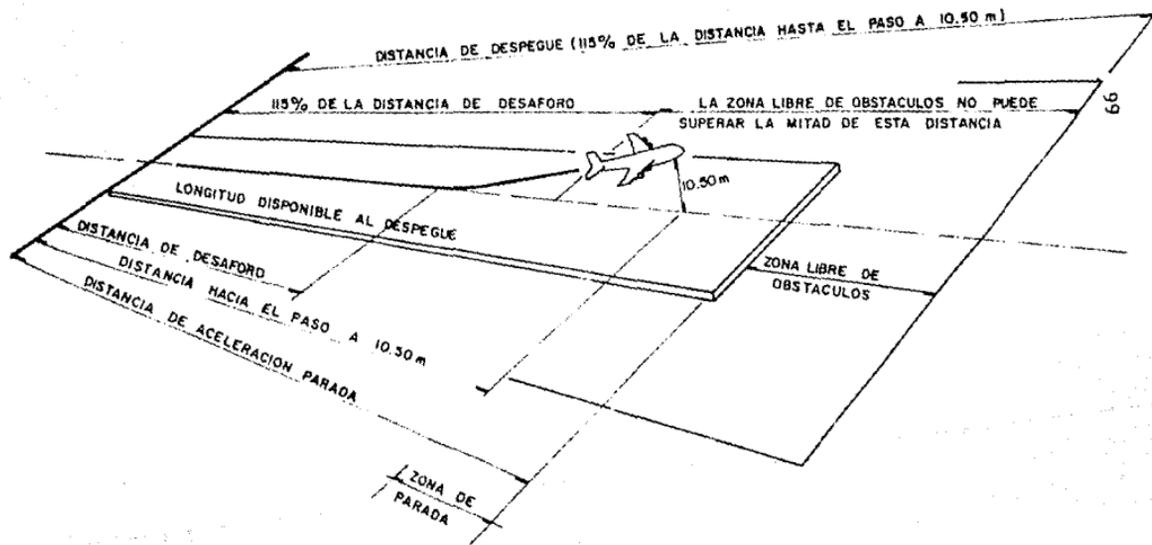
- a) Condiciones meteorológicas, principalmente viento y temperatura en la superficie.
- b) Características de la pista tales como pendiente y estado de la superficie.
- c) Factores relacionados con el emplazamiento del aeropuerto por ejemplo, elevación del aeropuerto (que incide en la presión barométrica) y limitaciones topográficas.

Para determinar la longitud de pista es necesario considerar las condiciones exigidas para el despegue, ya que cada avión de un tipo dado posee una velocidad de seguridad al despegue (V_2) 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 el despegue sin peligro. Por lo tanto, en esas circunstancias, para cada despegue hay una velocidad llamada de decisión (V_1); por debajo de esta velocidad debe interrumpirse el despegue si falla un motor, mientras que por encima de esa velocidad debe continuarse el despegue. Se necesitaría un recorrido y una distancia de despegue muy grandes para concluir el despegue, cuando falla un motor antes de alcanzar la velocidad de decisión, debido a la velocidad insuficiente y a la reducción de potencia disponible. No habría ninguna dificultad para detener el aeroplano en la distancia de aceleración-parada disponible restante, siempre que se tomen inmediatamente las medidas necesarias. En estas condiciones, la decisión correcta sería interrumpir el despegue.

Por otro lado, si un motor fallara después de haberse alcanzado la velocidad de decisión, el avión tendría la velocidad y potencia suficientes para concluir el despegue con seguridad en la distancia de despegue disponible restante. No obstante, debido a la gran velocidad, sería difícil detener el avión en la distancia de aceleración-parada disponible restante.

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:

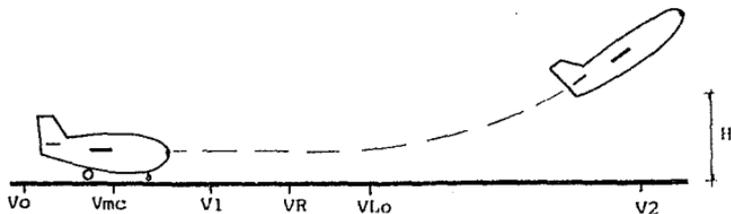
- A la distancia de aceleración-parada correspondiente a los aviones más críticos, susceptible de despegar en la pista considerada.

- A la longitud de rodamiento al despegue en el caso que un motor se descomponga una vez alcanzada la velocidad V_1 .

- Y a 115 % de la distancia necesaria para alcanzar la velocidad de seguridad al despegue V_2 (manual del avión), con todos los motores en funcionamiento.

También se considera una distancia llamada "distancia de despegue", que es la longitud contada a partir del momento en que se sueltan los frenos para que el aparato alcance una altitud mínima de 15 metros (10.5 m en aviones a reacción), en el caso que un motor se descomponga después de haber alcanzado la velocidad V_1 . Esa 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. El avión se puede controlar

aerodinámicamente a esta velocidad, sin aplicar frenos ni reversa.

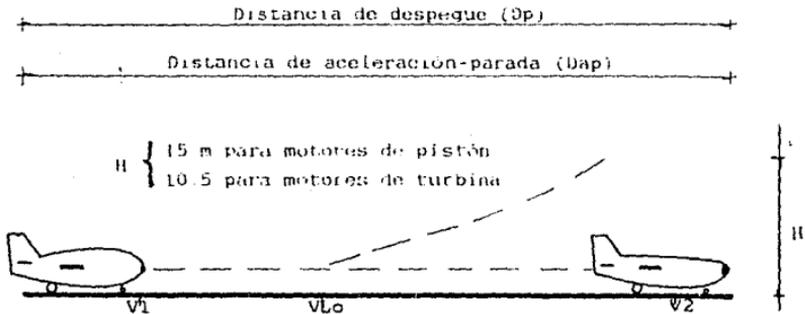
V_1 - Velocidad crítica. En la cual el piloto deberá tomar la decisión, si continua el despegue o lo frustra por alguna causa.

V_R - Velocidad de rotación: Velocidad menor que la velocidad de despegue, donde empieza a existir levantamiento.

V_{Lo} - Velocidad de levantamiento del avión: En el cual el avión puede iniciar el despegue.

V_2 - Velocidad para la cual el avión alcanza una altura sobre la pista, altura que se considera segura para continuar la trayectoria real o estar en ruta.

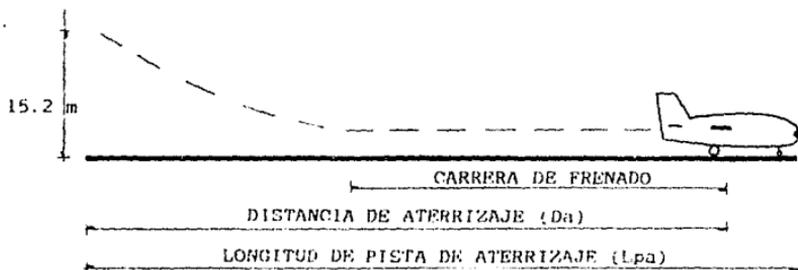
Para el caso de despegue. Considerado con falla de un motor.



Cuando la pista cumple con la condición de:

$D_p - D_{ap}$ Se llama pista balanceada porque 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 utilizará dicho avión, con el peso máximo autorizado para el aterrizaje, después de haber sobrevolado el umbral de la pista a una altura de 15 metros 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.



$$L_{pa} = D_a / 0.6$$

Considerando todos estos factores se determina la longitud básica de la pista, debido a que se consideran 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°C, 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 establece-

rá el aeropuerto.

Pero antes de presentar los métodos para calcular la longitud de pista, es necesario conocer algunos datos adicionales de las aeronaves, que serán de utilidad:

- a) Peso total: En función de esté y de la estructura de tren de aterrizaje, se calcula la longitud real de la pista y se diseña el pavimento.
- b) Peso básico o vacío: Es el peso propio de la aeronave sin sobrecarga alguna.
- c) Peso de operación: Peso básico más peso de equipo fijo de vuelo más tripulación más combustible.
- d) Carga de paga: Es lo que se requiere de un pago para su transportación y comprende a los pasajeros, mercancía, correo, etc.
- e) Carga útil: Carga que paga, más combustible más tripulación.
- f) 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).
- g) Peso máximo de aterrizaje: Es con el que la estructura del avión permite que se efectúe ésta operación sin sufrir daño alguno.
- h) Combustible requerido: Se divide en combustible necesario para cubrir la ruta y combustible de reserva.
 - Combustible para cubrir la ruta: Es la cantidad de combustible necesario para que el avión se traslade del aeropuerto de origen al de destino, y se da en función de la distancia, características de los motores, peso, altitud de vuelo, etc.; cuando se requiere su capacidad total, ésta se determina en

función del 30 ó 35 % de peso total.

- Combustible de reserva: Es una cantidad adicional con la que se abastece el avión, con el objeto de que se traslade aeropuerto alterno, 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 45 minutos de vuelo.

Aeropuerto alterno: Es o son los aeropuertos que se asignan en el plan de vuelo del avión y que tienen por objeto 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 pista. Los métodos más comunes son:

1. Método aproximado de los factores a partir de la longitud básica de la 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 explicarán a continuación.

CLASE	AVIÓN CRÍTICO	LONGITUD DE PISTA
1	Monomotor y pequeño bimotor	600 a 800 m
2	bimotor de negocios	1000 m
3	Beech 99	1350 m
4	Forker 27	1800 m
5	B 737	2100 m
	DC 9-40	1900 m
6	B 737 ó A 300	2700 m
7	B 747	3600 m
	DC 10-10	3100 m
	DC 10-30	3500 m

a) 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 más 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 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

b) 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 esto, 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 de 1 % por grado centígrado de diferencia entre la temperatura de referencia del lugar y la temperatura standar para la elevación del mismo lugar. Esto se expresa de la siguiente manera:

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

donde

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

L.C.A. = longitud corregida por altitud.

B = Temperatura de referencia - Temperatura standar del lugar.

Se entiende por temperatura standar del lugar a la que tiene una atmósfera convecional 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 standar del lugar esta dada por la siguiente expresión:

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

siendo:

15 = Temperatura standar al nivel del mar.

H = elevación sobre el nivel del mar.

La temperatura de referencia del lugar esta dada por la siguiente expresi3n:

$$\text{Temp. de ref.} = T1 + (T2 - T1) / 3$$

donde:

T1 = Temperatura media mensual de las medias diarias del mes m3s caluroso del a3o, considerando como tal que halla registrado la temperatura media m3s alta.

T2 = Temperatura media mensual de las m3ximas diarias del mismo mes.

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

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

d) Precipitaci3n

Para el c3lculo de longitud de pista normalmente se utiliza el valor de la precipitaci3n anual en mm, as3 como para dar pendientes de las pistas (longitudinales y laterales). Se considera un 15 % adicional a la longitud de pista.

Considerar la precipitaci3n es m3s que nada una revisi3n que se hace siempre, porque por lo menos habr3 una ocasi3n en que se tenga la pista humeda. De esta manera se corrige la longitud de pista de aterrizaje y se compara con la longitud de pista de despegue.

d) 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:

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

siendo:

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

P = Pendiente efectiva.

Definiendose 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:

$$P = S / L$$

donde:

S = Diferencia de niveles del terreno nivelado.

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

Por último cabe mencionar que este método sólo podrá ser válido 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.

CALCULO DE LA LONGITUD DE PISTA PARA EL AEROPUERTO DE CANCÚN, Q. ROO
MÉTODO APROXIMADO DE LOS FACTORES A PARTIR DE LA LONGITUD BÁSICA

DATOS:

Avión crítico B-727

Longitud básica = 2057 m = 6750'

Elevación sobre el nivel del mar = 5m = 16'

temperatura media del mes más caluroso = 29.0 °C

Temperatura máxima del mes más caluroso = 36.4 °C

a) Corrección por altitud o elevación

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

$$L.C.A. = 6750' (1 + 0.07(16')/1000')$$

$$L.C.A. = 6757.56'$$

b) Corrección por temperatura

$$T1 = 29.0 \text{ °C}$$

$$T2 = 36.5 \text{ °C}$$

$$H = 5 \text{ m [16']}$$

Por lo tanto,

$$T_{ref.} = T1 + (T2 - T1)/3$$

$$T_{ref.} = 29.0\text{°C} + (36.4\text{°C} - 29.0\text{°C})/3$$

$$T_{ref.} = 31.457 \text{ °C}$$

$$T.S.T. = 15 - 6.5H/1000$$

$$T.S.T. = 15 - 6.5(5 \text{ m})/1000$$

$$T.S.T. = 14.97 \text{ °C}$$

$$B = T_{ref.} - T.S.T.$$

$$B = 31.457 \text{ } ^\circ\text{C} - 14.97 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$B = 16.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$L.C.T. = 6757.56' (1 + 0.01(16.5 \text{ } ^\circ\text{C}))$$

$$L.C.T. = 7872.60'$$

$$L.C.T. = 2399.57 \text{ m}$$

Se revisa el aumento de la longitud de pista corregida por elevación y temperatura con respecto a la longitud básica. Si esta es menor del 35 % se continua con la corrección por pendiente, en caso de que sea mayor se calcula por medio del método del manual del avión.

$$L.C.T. = 7872'$$

$$L.B. = 6750'$$

Porcentaje aumentado = 16 %

c) Corrección por pendiente longitudinal

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

$$P = H/L$$

Considerando un desnivel máximo de 10 m en la longitud de pista de 2600 m, la pendiente efectiva será:

$$P = 10 / 2600$$

$$P = 0.0038 = 0.38 \%$$

$$L.C.P. = 7873 (1 + 0.20(0.38))$$

$$L.C.P. = 8472'$$

L.C.P. = 2582 m

Por lo que la longitud básica de pista aumentó en un 25.5 %
y consecuentemente el cálculo se considera correcto.

L.B. = 6750' = 2057 m

Longitud de pista necesaria = 8472' = 2582 m = 2600 m

2. Método exacto para calcular la longitud de pista requerida basándose en el peso máximo de operación.

Este método se considera como el más exacto para determinar la longitud de pista requerida en el despegue y esta basado principalmente en la performance (funcionamiento) del avión crítico, para llevar a cabo el cálculo es necesario contar con las gráficas del manual de vuelo del aeronave tales como pesos de consumo de combustible en ascenso y en crucero, velocidad ascensorial y velocidad de translación durante el ascenso, velocidades de crucero, etc. Se debe determinar también la ruta o rutas que se volarán para saber las alturas de los obstáculos que se tengan que salvar, y cuales serán los aeropuertos de destino a los cuales se volará desde el aeropuerto en proyecto.

Para determinar cuál es el aeropuerto de destino crítico o sea el que se debe usar para el diseño de la pista del aeropuerto de proyecto, se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- Distancia entre el aeropuerto en proyecto y el aeropuerto de destino.
- Altura de crucero requerida entre ambos aeropuertos.
- Peso de aterrizaje permitido en el aeropuerto de destino por su elevación y longitud de pista.

En este método para determinar la longitud de pista necesaria para el despegue o aterrizaje de los aviones está influida por factores tales como:

- Performance del avión.
- Peso de despegue o aterrizaje.
- Grados de aletas seleccionado.
- Pendiente de la pista.

- Dirección de la velocidad del viento.
- El peso de despegue depende a su vez de estos factores:
 - a) Elevación y temperatura del aeropuerto (según segmento).
 - b) Distancia de itinerario y del aeropuerto alterno.
 - c) Grado de aletas.

Primeramente se anotan los datos del aeropuerto, haciendo incapie en que para cuestión de proyecto al no existir la pista, la temperatura usada debe ser la medida máxima mensual y la pendiente y los vientos deben considerarse de magnitud cero. Seguidamente se anotan las distancias a los aeropuertos de destino y alterno en millas náuticas. En este momento comienza el verdadero cálculo de la longitud de pistas, calculando primeramente el peso máximo de despegue, el cual estará efectuado por las condiciones de elevación y temperatura del aeropuerto (según segmento) y que variará también de acuerdo con el grado de aletas utilizable. Estos pesos se calculan utilizando las gráficas.

A continuación se procede al cálculo del peso con que el avión debe despegar, que no necesariamente debe ser igual al cálculo por segundo segmento o al máximo estructural, sino el necesario para cubrir la etapa bajo las condiciones de carga deseadas. Primeramente el peso básico de operación (peso del avión sin carga, pasajeros ni combustible) se le añaden los pesos de combustible para el itinerario indicado y alterno, que se obtiene de las gráficas,

El peso del combustible de espera se obtiene calculando el 75% del monto del combustible consumido en una hora. Este consumo de combustible por hora está anotado dentro de las características del avión y así, sumando todos estos elementos, obtendremos el peso total del

CALCULO DE LA LONGITUD DE PISTA

AEROPUERTO DE (1) _____
 ELEVACION (S.N.M.) (2) _____ TEMPERATURA (3) _____
 DISTANCIA DEL DESTINO (4) _____
 ITINERARIO ALTERNO (5) _____

CARACTERISTICAS DEL AVION

TIPO (6) _____
 VELOCIDAD (7) _____
 CONSUMO DE COMBUSTIBLE (8) _____
 PESO DE LOS PASAJEROS (9) _____
 PESO CARGA, CORREO Y EXPRESS (10) _____
 PESO DE LA CARGA PAGABLE (11) _____
 PESO MAXIMO DE DESPEGUE (ESTRUCTURAL) (13) _____
 PESO MAXIMO DE ATERRIZAJE (ESTRUCTURAL) (12) _____
 PESO BASICO DE OPERACION (14) _____

PESO MAXIMO DE DESPEGUE (SEGUNDO SEGMENTO) LIMITADO POR
 ELEVACION Y TEMPERATURA

ALETAS () (15) ALETAS () _____ ALETAS () _____

PESO MAXIMO DE DESPEGUE LIMITADO POR LONGITUD DE PISTA

ALETAS () _____ ALETAS () _____ ALETAS () _____

PESO (AVION+CARGA+COMBUSTIBLE) PARA EL ITINERARIO INDICADO

PESO BASICO DE OPERACION + PASAJEROS (16) _____
 PESO DE COMBUSTIBLE DE ETAPA (17) _____
 PESO DE COMBUSTIBLE DE ESPERA (18) _____
 PESO DE COMBUSTIBLE ALTERNO (19) _____
 PESO TOTAL (20) _____

LONGITUDES NECESARIAS DE PISTA

ALETAS () (21) _____
 ALETAS () _____

RESTRICION DE LA CARGA PAGABLE (22) _____

LONGITUD DE PISTA NECESARIA PARA ATERRIZAJE (23) _____
 15 % POR SUPERFICIE HUMEDA _____
 TOTAL _____

avión.

Acto seguido, se procede a seleccionar el grado de aletas más apropiadas para el despegue. para esto se busca en los pesos limitados por segundo segmento, aquel que sobrepone el peso total calculado anteriormente y ese grado de aletas será el seleccionado. Si el peso limitado por segundo segmento correspondiente a otros grados de aletas, también sobrepasan el peso total del avión, se elegirá entre estos al que tenga mayor grado de aleta, puesto que es el que menos longitud de pista necesita. Con el peso total del avión y el grado de aletas seleccionado, finalmente se procede a utilizar gráficas correspondientes para el cálculo de la longitud necesaria de pista para el despegue.

Para el cálculo de la longitud necesaria para el aterrizaje, se procede a utilizar su gráfica correspondiente la cual supone una superficie de pavimento seca, habiendo de añadir un 15 % a la longitud así calculada cuando la superficie se encuentra mojada.

Tomando en cuenta que en México operan sólo dos líneas aéreas nacionales (Mexicana y Aeroméxico), este avión de proyecto o crítico puede ser el DC-8, DC-9-15 o el Boeing 727-200. La Dirección General de Aeropuertos (D.G.A.) ha elaborado la siguiente tabla, en la cual por su metodología seguida, facilita la aplicación de este método. En esta hoja se exponen tanto las características físicas del lugar, como las del avión crítico por estudiar, siendo estas las siguientes:

- 1) Se anota el nombre del sitio del Aeropuerto.
- 2) Se anota la elevación en pies y en metros.
- 3) Su temperatura en grados celsius o fahrenheit.
- 4) Distancia al aeropuerto de destino en Km o mn.

5) Nombre y distancia del aeropuerto alterno, esta última no debe exceder de 200 millas náuticas (mn), ya que hay que tomar en cuenta que la nave solo tiene combustible de reserva por 45 minutos más de vuelo.

6) Modelo del avión crítico, sabiendo que compañía operará en dicho aeropuerto.

7. Velocidad de esté, obtenida ya sea del manual de vuelo o con la compañía que lo opera en nudos.

8) Consumo de combustible que es dato obtenido también del manual de vuelo, ya sea en km/hr o lb/hr.

9) El peso de pasajeros es el número para el cuál fue diseñado dicho avión, ya sea de 95 kg aproximadamente o 205 lb, este número de pasajeros puede ser variable.

10. Peso de carga express y correo es el peso deseable que la compañía quiere en dicho itinerario y ésta se obtiene de la resta del pasaje y del peso total de carga pagable estipulado en el fabricante.

11) peso total de carga pagable, es el total de la suma de pasajeros más carga express y correo.

12) peso máximo de aterrizaje (estructural) este peso consiste en tres pesos fundamentales que la fábrica ha calculado con anterioridad, siendo este el peso vacío, peso de la tripulación y peso de comandaje.

13) Peso máximo de despegue (estructural) es el peso que la fábrica fijó en el manual.

14) Peso básico de operación, dato obtenido del manual del avión.

15) El peso máximo de despegue (segundo segmento) limitado por elevación y temperatura se obtiene de las gráficas con las cuales

se opera mediante los siguientes datos: temperatura, altitud en pies, para obtener el peso con el que puede operar dicho avión.

16) el peso básico de operación más pasajeros se obtiene de la suma de ambos.

17) el peso de combustible de etapa, se obtiene de una regla de tres, en donde se divide la distancia del itinerario de destino entre la velocidad de operación y este resultado se multiplica por el consumo de combustible.

18) Peso de combustible de espera, se obtiene de multiplicar el consumo por hora, por un factor de 0.75 que no es más que los 45 minutos estipulados por el fabricante.

19) El peso de combustible alterno se obtiene igual que el de por etapa, pero utilizando la distancia de itinerario alterno.

También existen gráficas para calcular el combustible por etapa y alterno, del manual del avión y están en función de la distancia y el peso del aterrizaje.

20) El peso total se obtiene de la suma de los puntos 16, 17, 18, y 19. Y es el peso con el cual se obtiene la longitud de pista satisfactoria para que pueda operar el avión crítico, pero si éste peso es mayor que el permitido por segundo segmento se procederá a seleccionar el más próximo en libras y a partir de este se obtendrá la longitud de pista y el 90 % de restricción para operar.

21) Las longitudes necesarias para cada grado de aletas (10° , 20°), se obtiene a partir de las gráficas de longitud de pista para despegue. Entrando con la temperatura ($^{\circ}\text{C}$ ó $^{\circ}\text{F}$) (3), con la altitud del aeropuerto (2), el peso total al inicio del despegue (20), y con las condiciones de viento y pendientes de la pista.

22) La restricción de carga pagable: es la diferencia de pesos de los puntos 20 y cualquiera de los del punto 15, divididos por el punto 11, y el resultado es la restricción para operar en dicho avión.,

23) Para el cálculo de la longitud de pista necesaria para aterrizar, se obtiene a partir de la gráfica correspondiente que se supone como una superficie de pavimento seca. Se determina a partir del peso de aterrizaje (12), altitud del aeropuerto y viento. A la longitud obtenida se le agrega un 15 % para considerar el caso de superficie húmeda.

A continuación se presenta un ejemplo del cálculo de longitud de pista para el aeropuerto de Salina Cruz, Oaxaca. En el cual se observa que los pesos máximos de despeque por segundo segmento, ambos sobrepasan el peso total (inciso 20), por lo tanto, el grado de aletas seleccionado será el mayor, o sea, de 20°, debido a que este es el que menor longitud de pista requiere, y se revisa que esta sea mayor que la correspondiente a la de aterrizaje con superficie húmeda.

CALCULO DE LA LONGITUD DE PISTA

AEROPUERTO DE Salina Cruz, Oaxaca
 ELEVACION (S.N.M.) Nivel del mar TEMPERATURA 35° C
 DISTANCIA DEL DESTINO México D.F. 363 M.N.
 INTINERARIO ALTERNO Acapulco, Gro. 166 M.N.

CARACTERISTICAS DEL AVION

TIPO DC 9-15
 VELOCIDAD 473 nudos
 CONSUMO DE COMBUSTIBLE 6 000 Lb/hr
 PESO DE LOS PASAJEROS 17 786 Lb
 PESO CARGA, CORREO Y EXPRESS 5 519 Lb
 PESO DE LA CARCA PAGABLE 23 305 Lb
 PESO MAXIMO DE DESPEGUE (ESTRUCTURAL) 90 619 Lb
 PESO MAXIMO DE ATERRIZAJE (ESTRUCTURAL) 81 627 Lb
 PESO BASICO DE OPERACION 50 627 Lb

PESO MAXIMO DE DESPEGUE (SEGUNDO SEGMENTO) LIMITADO POR
 ELEVACION Y TEMPERATURA

ALETAS (10°) 100000 ALETAS (20°) 93000 ALETAS () _____

PESO MAXIMO DE DESPEGUE LIMITADO POR LONGITUD DE PISTA
 ALETAS () _____ ALETAS () _____ ALETAS () _____

PESO (AVION+CARGA+COMBUSTIBLE) PARA EL INTINERARIO INDICADO

PESO BASICO DE OPERACION + PASAJEROS 73 932 Lb
 PESO DE COMBUSTIBLE DE ETAPA 5 900 Lb
 PESO DE COMBUSTIBLE DE ESPERA 4 500 Lb
 PESO DE COMBUSTIBLE ALTERNO 2 550 Lb
 PESO TOTAL 86 882 Lb

LONGITUDES NECESARIAS DE PISTA

ALETAS (10°) 7 250 pies - 2210 m
 ALETAS (20°) 6°720 pies - 2050 m

RESTRICCION DE LA CARGA PAGABLE 0 %

LONGITUD DE PISTA NECESARIA PARA ATERRIZAJE 5 000 pies
 15 % POR SUPERFICIA HUMEDA 750 pies
 TOTAL 5 750 pies - 1750 m

PESO DE DESPEGUE LIMITADO POR SEGUNDO SEGMENTO

ALETAS 10°

POTENCIA DE DESPEGUE

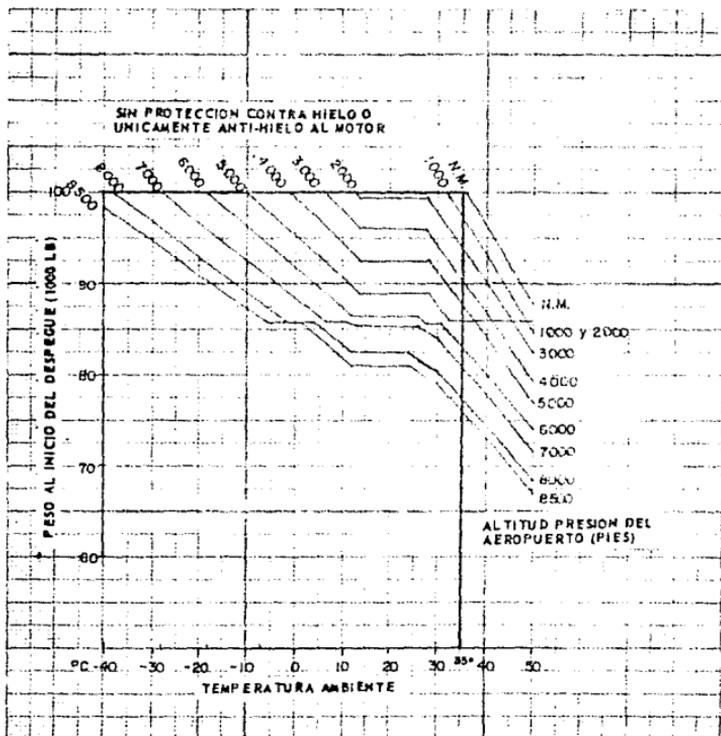
UN MOTOR OPERATIVO

TREN ARRIBA

 $V_{CL} = V_2$

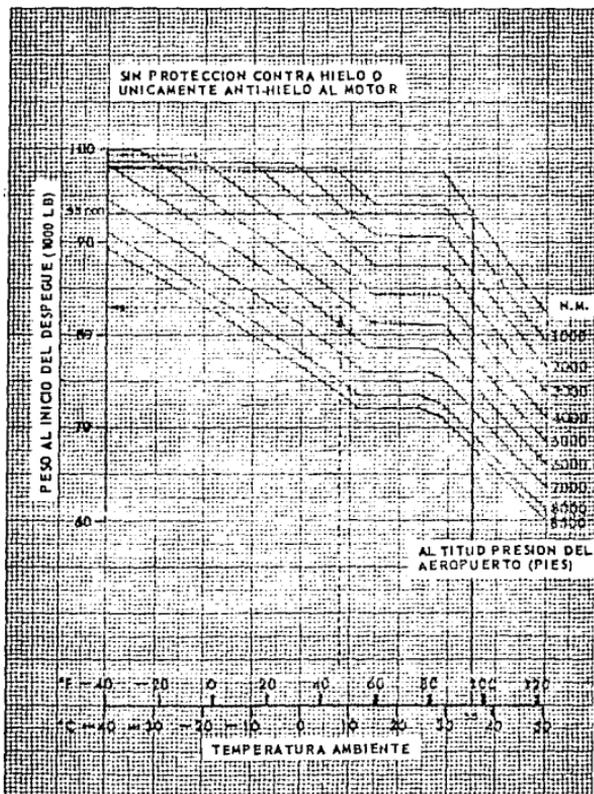
AIRE ACONDICIONADO

CORTADO

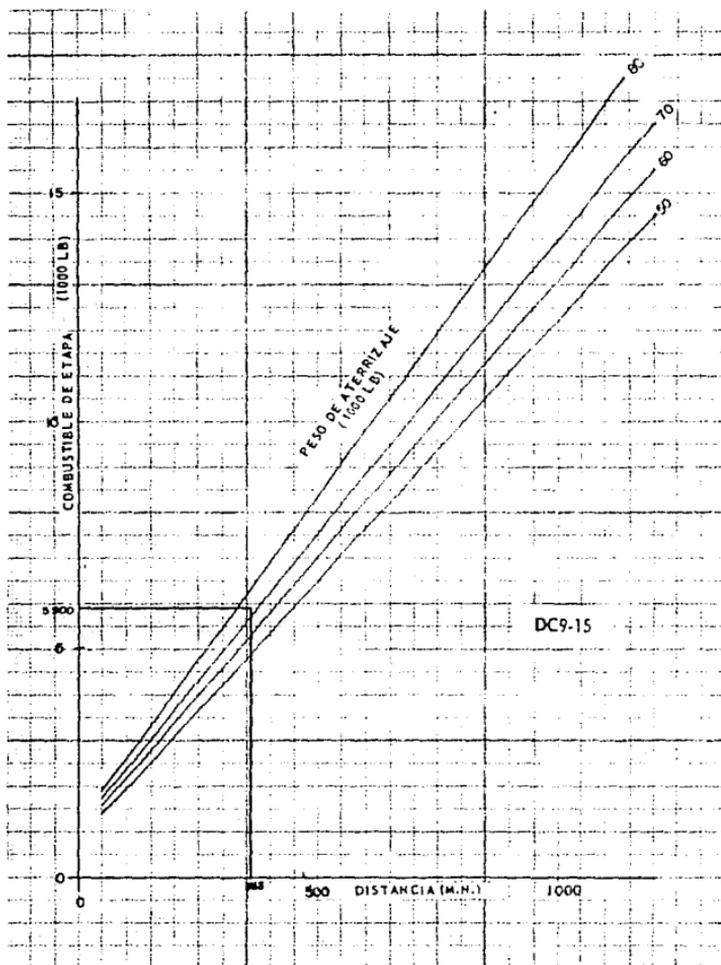


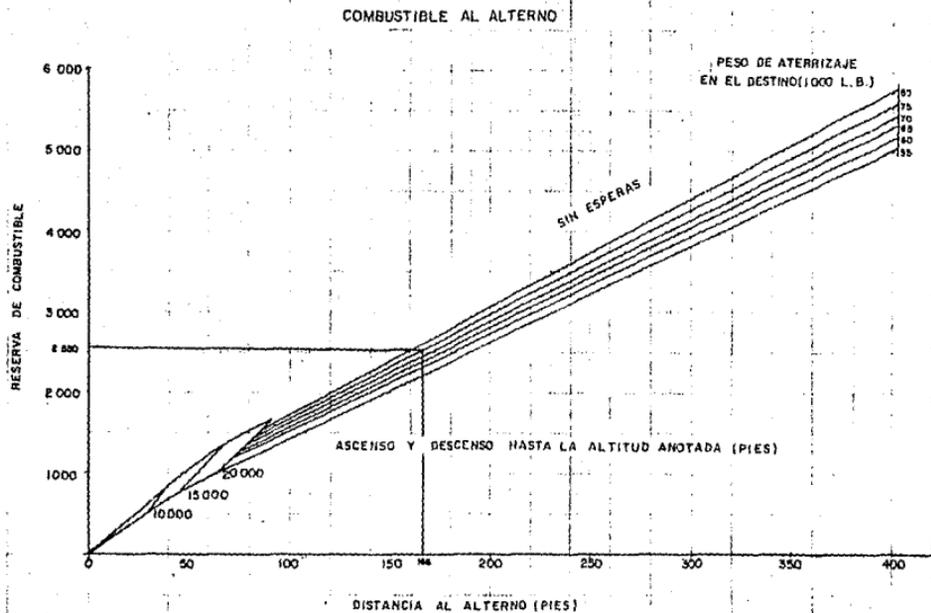
PESO DE DESPEGUE LIMITADO POR SEGUNDO SEGMENTO ALETAS 20°

POTENCIA DE DESPEGUE **UN MOTOR OPERATIVO**
TREN ARRIBA $V_{CL} = V_2$ **AIRE ACONDICIONADO** **CORTADO**



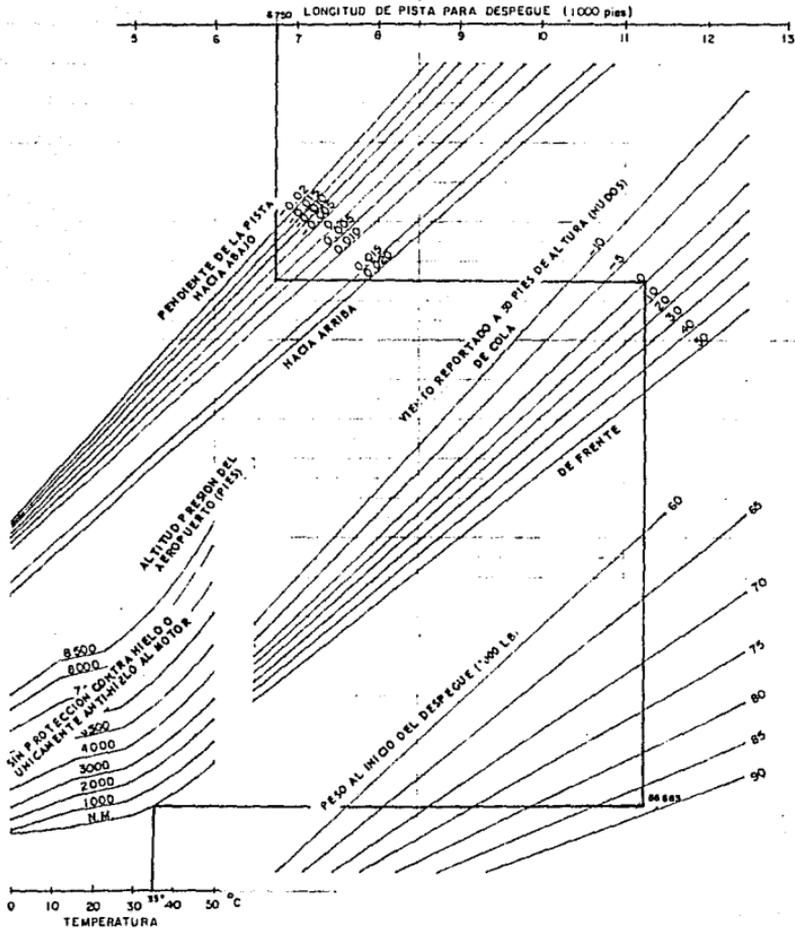
COMBUSTIBLE DE ETAPA (CALZO A CALZO)
 OPERACION A ALTA VELOCIDAD - 2 MOTORES
 MOTORES JT8D - 7A TFP: STD + 10°C



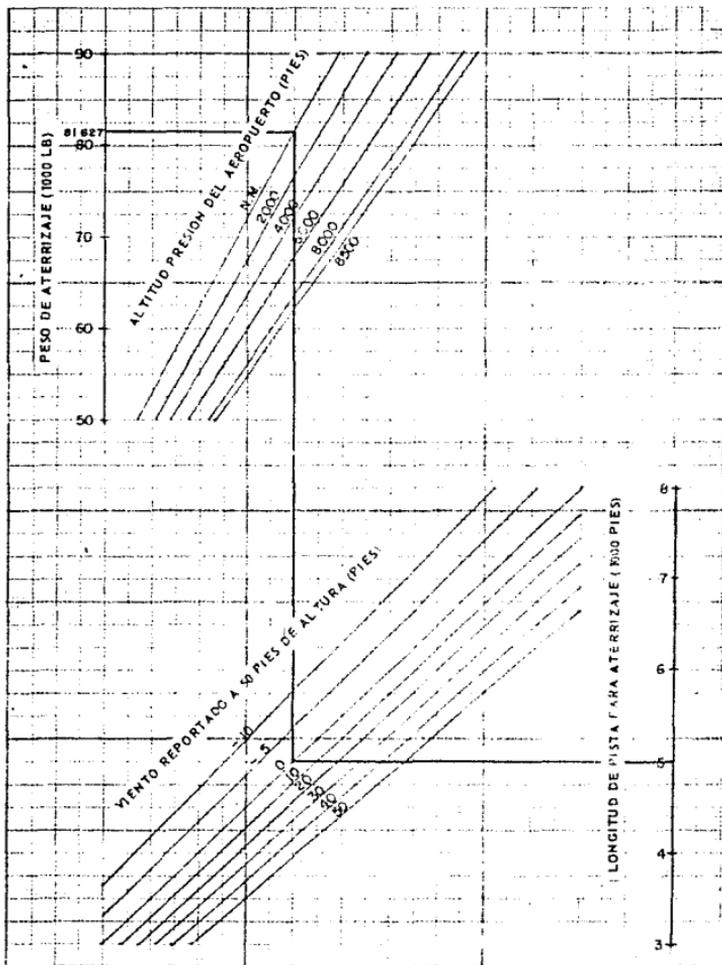


LONGITUD DE PISTA PARA DESPEGUE
ALETAS 20°

DC 9-15



LONGITUD DE PISTA PARA ATERRIZAJE
 ALETAS TOTALMENTE ABAJO



CATEGORIAS DE PISTAS

Una vez determinadas las direcciones de despegue, conviene implantar las pistas sobre el aeropuerto. Las pistas son concéntricas a un rectángulo que las entorna y que constituye " la franja de despegue".

Cuando el aeropuerto tiene varias pistas, se distinguen por una parte, las pistas principales, y por otra parte, las pistas secundarias que pueden ser de la misma categoría que las pistas principales o de categoría inferior.

a) Pistas principales

Las pistas principales son en principio las más largas del aeropuerto, son a las que corresponden las mejores salidas de pista y, en lo posible en la dirección del mejor coeficiente de utilización.

Son las normalmente utilizadas, es entonces, en relación a ellas que en primer lugar, será determinado el emplazamiento de las instalaciones para reducir las distancias que los aviones tendrán que recorrer en tierra.

b) Pistas secundarias

Estas pista son utilizadas cuando la dirección del viento no permite la utilización de la pista principal, o cuando circunstancias especiales vuelven a la pista principal indisponible.

Aunque de la misma categoría, éstas pistas secundarias son en principio más cortas que la pista principal.

La diferencia no parece normal a primera vista, pero estas pistas son utilizadas cuando la fuerza y dirección del viento son tales que resulta un viento cruzado que impide la utilización de la pista

principal. La pista secundaria se encuentra entonces practicamente orientada en la dirección del viento y beneficiada de un viento longitudinal violento que reduce las distancias de despegue y aterrizaje y permite, por consecuencia, la utilización de pistas más cortas.

c) Pistas secundarias de categoría inferior a la pista principal.

Un aeropuerto puede recibir aviones de categoría inferior a la categoría para la cual ha sido prevista su pista principal. En algunos aeropuertos, puede acontecer que una pista única sea suficiente para recibir aparatos de todas las categorías con un coeficiente de utilización satisfactorio. Pero puede acontecer que:

- que en ciertas condiciones ligadas a las características del tránsito hagan desear que los aviones ligeros no utilicen la pista destinada a los aviones pesados.

- que los aparatos de categoría inferior, admitan sólo los vientos cruzados más debiles necesitando una segunda dirección de despegue según la cual será establecida una pista secundaria.

En estos casos, la pista secundaria podrá ser más corta que la pista principal puesto que será destinada a los aparatos más ligeros.

En caso particular, de los aeropuertos sobre los cuales se ejercen a la vez una actividad de transporte y una actividad de aero-club y que tienen una pista para los aviones de transporte y bandas de despegue, generalmente no revestidas para los aviones ligeros.

Además la pistas pueden ser clasificadas en:

a) Pistas de vuelo por instrumentos

Estas se caracterizan, por operar con aeronaves que cuentan

con instrumentos para la aproximación de la misma, dependiendo de su importancia, y puede haber diferentes categorías de acuerdo al tipo de ayuda que utilizan.

b) Pista de vuelo visual

Son aquellas en las cuales el procedimiento de aproximación se realiza visualmente sin ser necesario utilizar instrumentos para su aproximación de pista.

2.2.2. 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 proyectarán nada más para aquellos aeropuertos en que, por la intensidad del tránsito de aviones, se necesita desalojar rápidamente la aeropista con el objeto de que no se utilicen éstas 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 las pistas después del aterrizaje sin demora, y entrar en la pista para despegar con el ritmo que permita mantener los movimientos de aeronaves en las pistas 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 debería ser lo más 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, deberían trazarse recorridos en línea recta y los cambios de dirección en las calles de rodaje deberían ser lo más pequeños y el menor número posible.

c) Deberían facilitarse suficientes calles de entrada y salida para cada pista a fin de acelerar el movimiento de las aeronaves

entrando y saliendo de la mismo.

d) Deberían 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 forma 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 de rodaje facilite el tránsito 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 deberían estar situadas a lo largo de la pista, a intervalos frecuentes, para poder acomodarse a cada tipo de aeronave que se espera utilice la pista. En la práctica, el espaciado 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 de contacto hasta el punto del recorrido de aterrizaje en que pueda efectuarse el viraje de salida. La calle de salida debería facilitar el tránsito hasta un 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 viraje 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:

a) Demorar la salida de ciertas aeronaves debido a circunstancias imprevistas sin imponer retrasos a las aeronaves que los siguen.

b) Que las aeronaves realicen verificaciones de altímetro antes del vuelo, el ajuste y programación de los sistemas de navegación inercial cuando este no sea posible en las plataformas.

c) Efectuar pruebas de motores en los casos de aeronaves de motor de embolo ó utilizarlos como punto de verificación del 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:

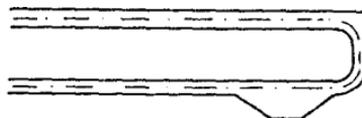
a) Apartaderos de espera

Area 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

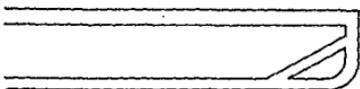
EN EL PUNTO
DE ESPERA

b) Calles de rodaje dobles

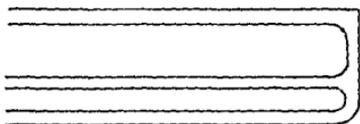
Es una segunda calle de rodaje paralela normal. Dividen la corriente de tránsito de salida en dos partes, y se justifican en aeropuertos de mucha actividad, donde es clara la necesidad de movimiento bidireccional el tránsito paralelo a la pista. Y éstas pueden tener las siguientes configuraciones.



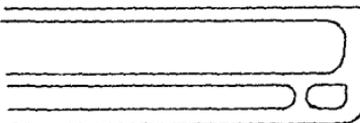
CALLE DE DESVIACION
PARALELA



CALLE DE DESVIACION
OBLICUA



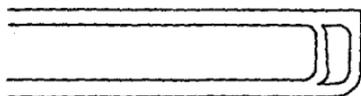
CALLE DOBLE DE
ENTRADA



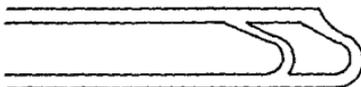
CALLE DOBLE
DE ENTRADA
CON DESVIACION

c) Entrada doble de pista

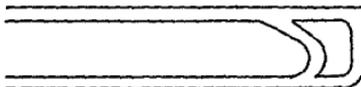
Es una duplicación de la calle de rodaje. Y pueden presentarse de la siguiente manera:



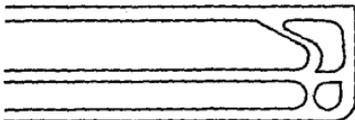
UNIONES RECTAS



UNIONES OBLICUAS



UNIONES MIXTAS

UNIONES MIXTAS DE
DOS CALLES DE
RODAJE 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 período 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 los 46 km/h e incluso en algunos casos a velocidades inferiores cuando existen malas condiciones de frenado o vientos de costado fuertes.

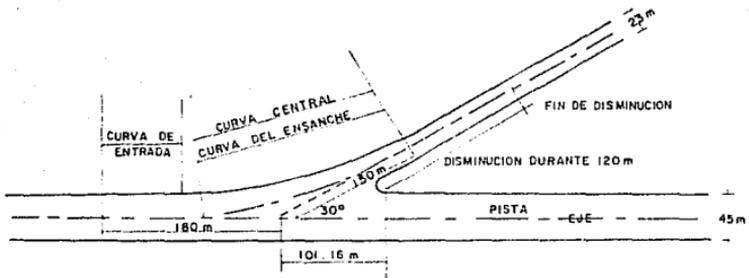
Para determinar el emplazamiento de las calles de salida rápida se debe considerar el punto de toma de contacto y la velocidad con la que desciende, así como el recorrido de aterrizaje de las aeronaves, o sea, la distancia desde el punto de contacto hasta el punto de tangencia de la curva de entrada.

El número de calles de salida necesarias dependerá del tipo de aeronave y del número de aeronaves de cada tipo que maniobren 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 borde del pavimento, proporciona el ensanche necesario en caso de que el aeronave no comience el viraje en el punto señalado en la pista y sirve para velocidades de aeronave de hasta 92 km/h.



TRAZADO DE LAS CALLES DE SALIDA A GRAN VELOCIDAD

2.3.3. 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

Area para que las aeronaves que sólo transportan carga y correo puedan estar separadas de las demás plataformas, o bien frente

al edificio terminal.

3. Plataforma para estacionamientos

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 realizar pequeñas operaciones de mantenimiento.

En lo que se refiere a las plataformas, la planificación general del aeropuerto deberían prever:

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

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

c) Un número suficiente de lugares de estacionamiento para el ritmo previsto de las operaciones aéreas.

d) Medios de embarque y desembarque para los pasajeros.

e) Medios de carga y descarga de las carga aérea.

f) Instalaciones para pequeño mantenimiento y abastecimiento de combustible.

CARACTERISTICAS DE UNA PLATAFORMA

El proyecto de los diversos tipos de plataforma, exige la 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 la más libremente posible. Debe tenerse los medios necesarios para que el combustible sea suministrado sin provocar riegos. Así como el 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 los tamaños de aeronaves, posibilidad de ampliación.

TIPOS DE TERMINAL

a) Sistema frontal o lineal

La configuración de este sistema, es adecuado para cuatro o cinco lugares de estacionamiento o menos. Cuando sean necesarios más de cinco, la circulación de los pasajeros en un sistema lineal se hace más difícil y el costo de la sala anexa a dichos lugares aumenta.

La configuración lineal esta constituida por un edificio, frente al cual se estacionan directamente los aviones. El edificio no es necesariamente lineal, puede incluir ciertos quiebres, bien en forma piramidal o semicircular. De su solución depende el aumentar con respecto a la demanda la multiplicación de los servicios.

b) Terminal tipo muelle

Consiste en el edificio central con pasillos o dedos hacia la plataforma, frente a los cuales se estacionan las aeronaves. Las maniobras de los aviones en plataforma se interfieren ligeramente si no se deja espacio suficiente entre los dedos o pasillos. Esta solución tiene flexibilidad para adaptarse a crecimientos futuros.

c) Terminal tipo satélite

El edificio terminal tiene construcciones independientes intercomunicadas por medio de un túnel o pasillo. El estacionamiento de aviones se realiza alrededor de estas construcciones independientes. Las maniobras de aviones en la plataforma resultan bastante sencillas, y el aprovechamiento del área de la misma puede decirse que es aceptable dependiendo del tipo de satélite.

d) Terminal tipo vehicular

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.

EMBARQUE DE PASAJEROS

Métodos que se utilizan en el embarque de pasajeros:

a) Pasarela estacionaria.

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

b) Pasarela extensible.

Uno de los extremos de la pasarela telescópica va 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. Además de las pasarelas, hay otros métodos básicos para la subida o bajada de los pasajeros.

c) Escalera móvil.

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

d) Transbordadores.

Los pasajeros suben a un autobús o a un transbordador espe-

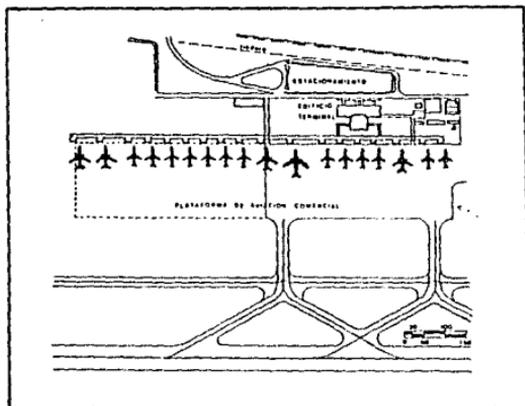
cialmente para ese uso en el edificio terminal y son conducidos a un lugar de estacionamiento de aeronaves alejado.

e) Aeronaves con escalerilla propia.

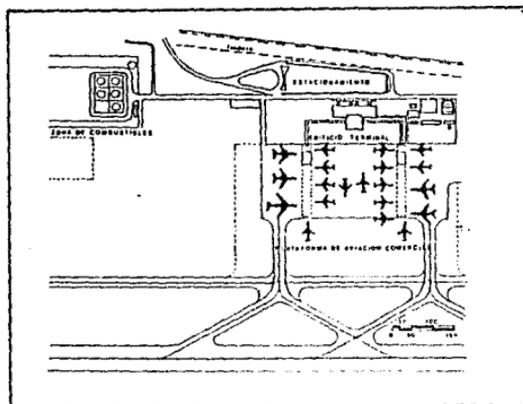
Este procedimiento es similar al de la escalera móvil. Una vez parados los motores, la tripulación despliega la escalerilla y los pasajeros van a pie o son conducidos en autobús, a lo largo de la plataforma.

f) Salas móviles.

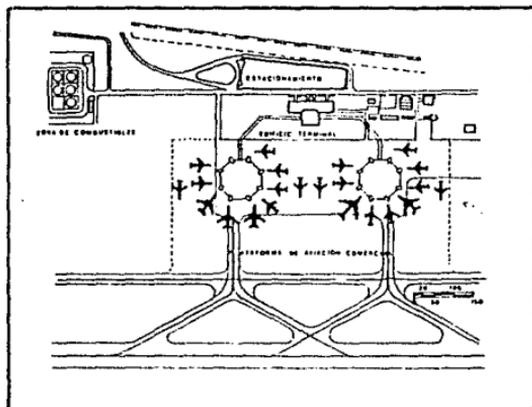
Con las salas móviles, las distancias que los pasajeros deben recorrer andando, se reduce al mínimo; el pasajero está protegido totalmente de ruidos; el embarque de los pasajeros del edificio terminal a la aeronave se efectúa al mismo nivel.



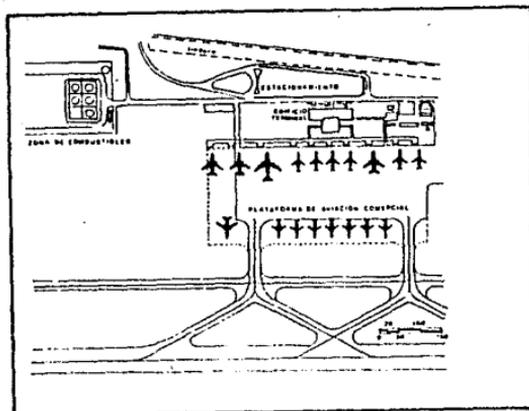
CONCEPTO LINEAL



CONCEPTO MUELLE O DEDO



CONCEPTO SATELITE

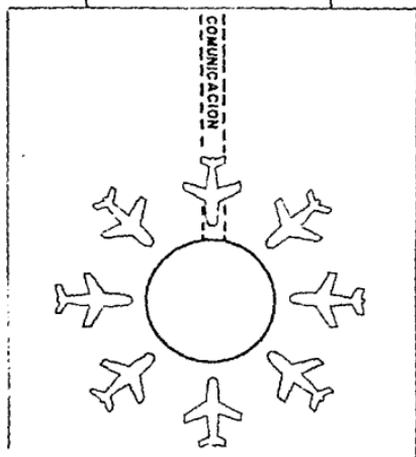


CONCEPTO TRANSPORTE

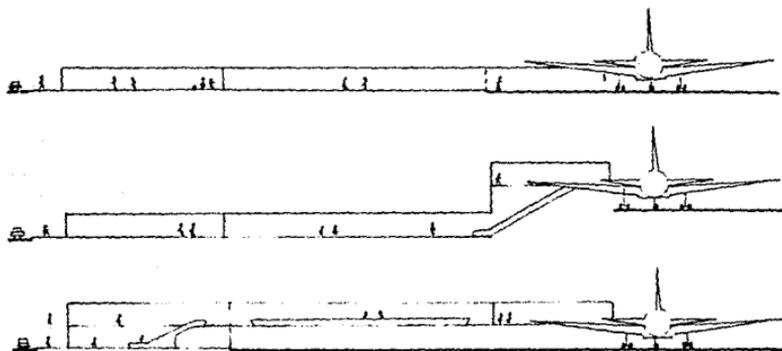
145

ACERA

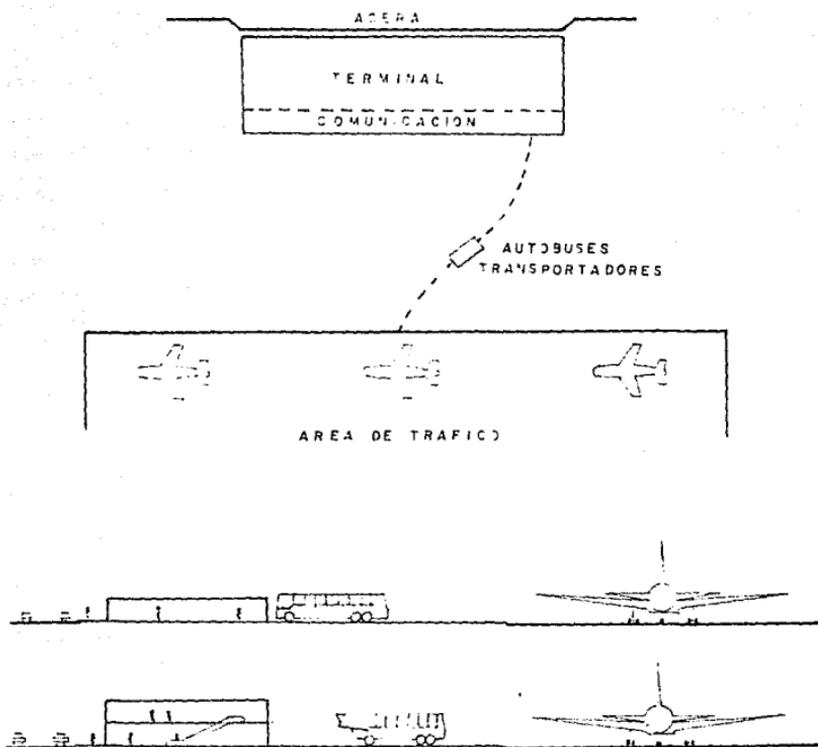
TERMINAL



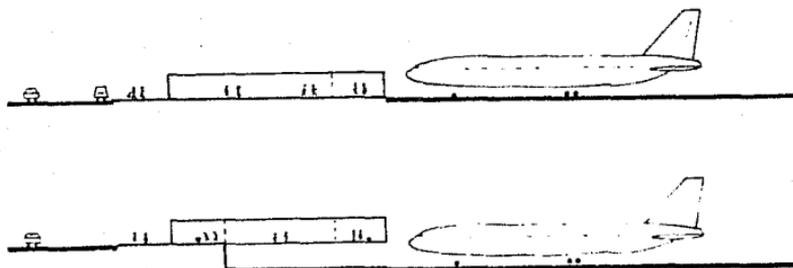
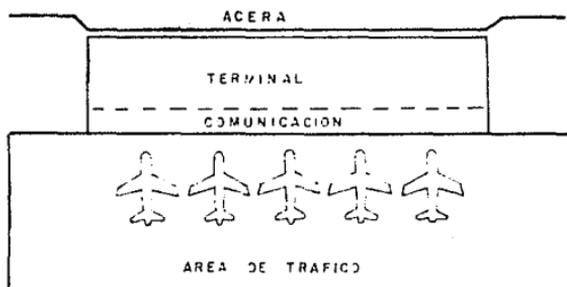
AREA DE TRAFICO



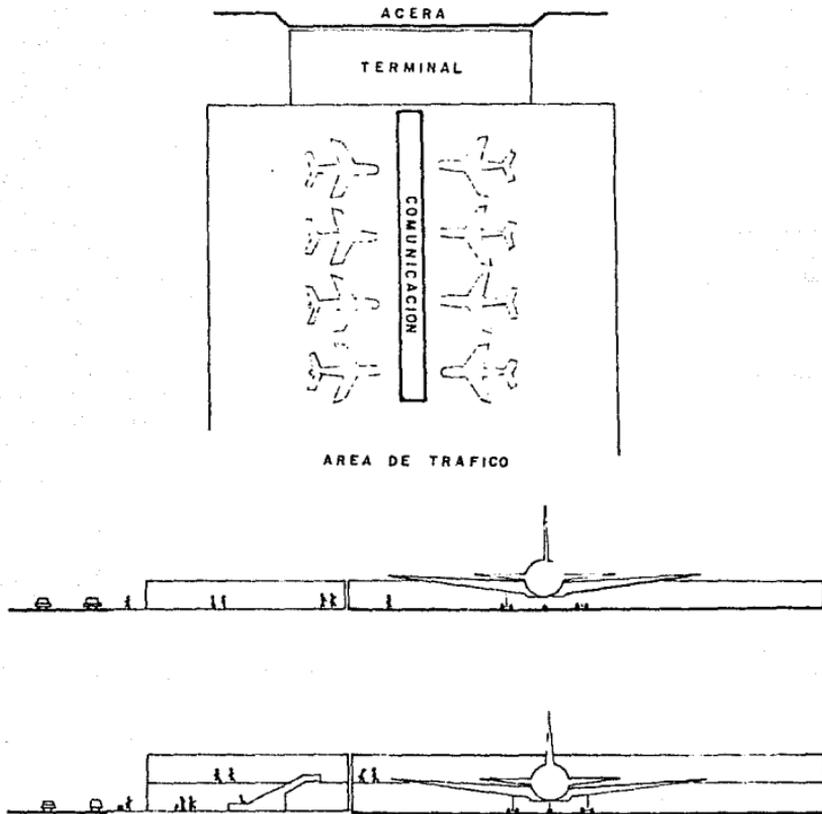
CONCEPTO EN SATELITE



CONCEPTO AUTOBUSES TRANSPORTADORES



CONCEPTO LINEAL



CONCEPTO DEDOS

SUPERFICIE DE LA PLATAFORMA

El área requerida para 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 ESTACIONAMIENTOS



PROA HACIA
DENTRO



PROA HACIA
DENTRO EN
ANGULO



PROA HACIA
FUERA

FACHADA DEL EDIFICIO



PROA HACIA
FUERA EN
ANGULO



ESTACIONAMIENTO
PARALELO

FACHADA DEL EDIFICIO

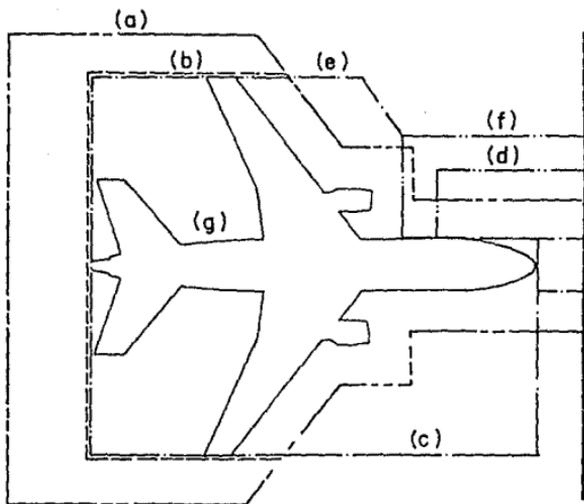
Cada uno de estos estacionamientos cuentan con diversas ventajas y desventajas relacionadas con las maniobras del avión, el ruido que proporcionan, la posición con respecto al edificio, etc., y en base a estos con respecto a la cual se determina el tipo de estacionamiento.

Las dimensiones de plataforma se establecen en base al área que cada avión necesita para poder realizar óptimamente todas sus operaciones, con la mayor seguridad posible. De la áreas que se deben tomar en cuenta se distinguen:

- a) Area requerida para maniobra del avión.
- b) Area de seguridad con respecto a las operaciones de otros aviones.
- c) Area de seguridad con respecto al edificio
- d) Area de circulación de los pasajeros a plataforma.
- e) Area de evolución de los equipos en tierra.
- f) Area de seguridad respecto al soplo.
- g) Area ocupada por el avión.

Todas las áreas mencionadas se señalan en la figura siguiente, referidas con el inciso antes citado.

AREAS REQUERIDAS PARA UN ESTACIONAMIENTO
"NOSE IN" 90°



- (a) ----- Area requerida para la maniobra del avion
- (b) ----- Area de seguridad de los otros aviones
- (c) ----- Area de seguridad de los edificios
- (d) ----- Area de circulacion de los pasajeros
- (e) ----- Area de evolucion de los equipos en tierra
- (f) ----- Area de seguridad respecto al sopló
- (g) ----- Area ocupada por el avion

2.3. PROYECTO GEOMETRICO

El proyecto geométrico consiste en el dimensionamiento de cada una 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 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 sí, 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 las zonas de pasajeros y carga, plataforma de operaciones y avionetas y servicios de tránsito aéreo, con el objeto que el proyecto ofrezca la máxima eficiencia 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 más 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 debería prever la capacidad equilibrada de tráfico aéreo y de terrenos adyacentes para futuras ampliaciones.
7. El costo de construcción, el costo de operación y mantenimiento deberá minimizarse.

INFORMACION QUE INTERVIENE EN EL PROYECTO GEOMETRICO

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) Límite.

Para el análisis de la longitud de pista, en función de las condiciones donde se encuentra localizado el aeropuerto, se tiene 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 funcione eficientemente.

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

Uno de los trabajos que se tienen que realizar dentro del proyecto geométrico es la alineación tanto horizontal como vertical de los elementos aeronáuticos que constituyen el aeropuerto.

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 esas zonas, se deben realizar gradualmente, con el objeto de evitar depresiones o topes que hagan peligrosa la operación de las aeronaves y ocasionen molestias a los pasajeros.

También dentro del proyecto geométrico deben elaborarse planos del 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, plataforma y caminos de acceso, con el objeto de encontrar las áreas de corte o terraplen en cada sección.

En cuanto al proyecto vertical este consiste en determinar el alineamiento de la rasante del eje de 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 operativo que se trate.

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 aeropuertuarias que convengan a los aviones destinados a operar en el aeropuerto. La clave esta 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 aerodromo, según la OACI.

ELEMENTO 1

NUMERO DE CLAVE	LONGITUD DE CAMPO DE REFERENCIA DEL AVION
1	menor de 800 m
2	800 m - 1200 m
3	1200 m - 1800 m
4	mayor de 1800 m

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 m
C	24 m - 36 m	6 m - 9 m
D	36 m - 52 m	9 m - 14 m
E	52 m - 60 m	9m - 14 m

CARACTERISTICAS GENERALES DE PISTAS

De acuerdo a la referencia anterior se señalan las características principales de los elementos que conforman las pistas, rodajes y plataformas.

a) Anchura de pistas

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

b) Separación entre pistas paralelas

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

210 m para clave 3 y 4, 150 m para clave 2 y 120 m para la clave número 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 del 1%, en clave 3 y 4; y 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, debería ser convexa, y las pendientes transversales deberían ser simétricas a ambos lados del eje de la pista; y en ningún caso debe ser mayor de 1.5%, ni inferior al 1%. Se recomienda sea igual a 1.5% en letra de clave C, D ó E; y 2% 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 tránsito de los aviones para los que esté prevista. La superficie debe ser construida sin irregularidades que den como resultado la pérdida 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 proporcione buenas características de rozamiento cuando

la pista este mojada.

MARGENES DE PISTA

Los márgenes de pista debería extenderse simétricamente ambos lados de la pista de forma que la anchura total de ésta y sus márgenes no sea inferior a 60 m. su pendiente transversal no debe exceder 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 éste sufra daños, y soportar los vehículos terrestres que pudieran operar sobre el margen.

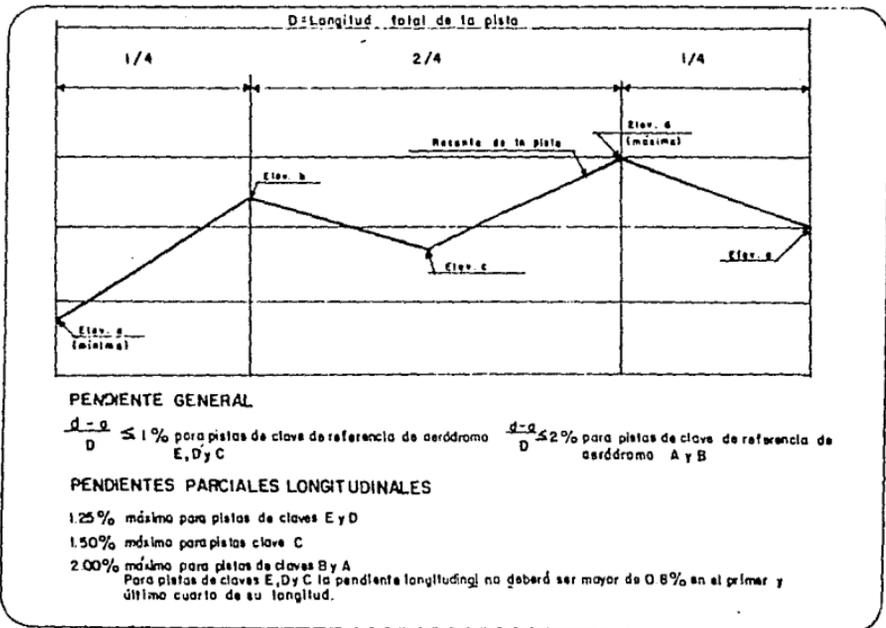
FRANJAS DE SEGURIDAD

Dentro de la franja de pista estará comprendida la pista y cualquier otra zona asociada de parada, y deberá extenderse antes del umbral y más allá del extremo de la pista una distancia no menor de 30 m para vuelo visual y de 60 m en 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 está prevista, en el caso de que un avión se salga de la misma.

AREAS DE SEGURIDAD

Debería 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 debería 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 corres-



pondiente. Debe construirse de modo que reduzca el riesgo de daño que pueda correr el avión que efectúe un aterrizaje demasiado corto o que se 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 debería estar en el extremo del recorrido de despegue disponible. Su longitud no debería 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 cuál 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.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS CALLES DE RODAJE

Los criterios para calcular las calles de rodaje son menos estrictas 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 m para letra de clave C.

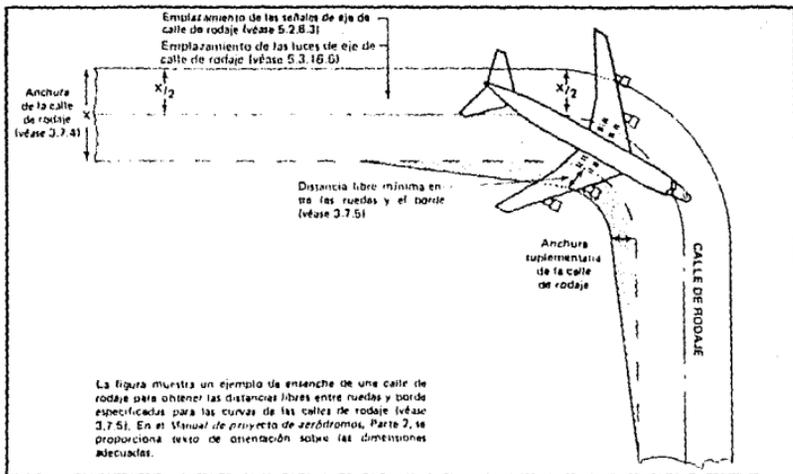
23 m para letra de clave D y E.

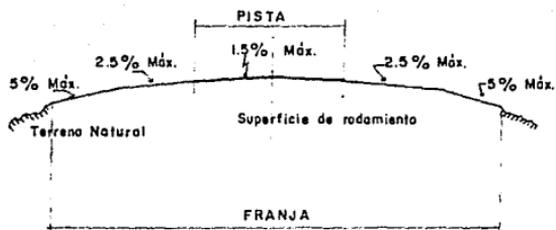
Un ancho suplementario será creado para los virajes cuando el tren interior del avión (con respecto al viraje), cuya rueda de nariz sigue al eje teórico de la calle de rodaje, corre el riesgo de pasar a una distancia inferior a 4.5 m del borde del revestimiento.

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

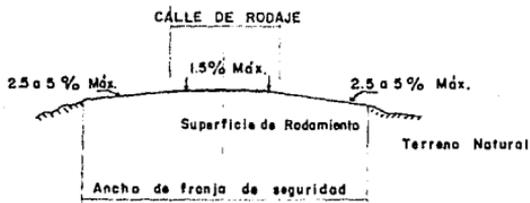
b) Curvas en las calles de rodaje

Los cambios de dirección de las calles de rodaje no deberían ser muy numerosos ni pronunciados, en la medida de lo posible, y deben ser compatibles con la capacidad de maniobra y las velocidades de rodaje normales de las aeronaves para las que dicha calle está prevista. Para lo cual en manual de proyecto de aerodromos 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 pendientes transversales

c) Uniones e intersecciones

Con el fin de facilitar el movimiento de los aviones, deberían 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 debería asegurar que se conservan 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 clave sea C, D ó E, y 3% cuando la letra de clave sea A ó B.

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

e) Pendientes transversales

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

f) Resistencia

La resistencia de la calle de rodaje debería 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.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS PLATAFORMAS

a) Resistencia

Toda parte de la plataforma debería 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 las aeronaves.

b) Pendientes

Las pendientes de una plataforma, comprendidas las de una calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves deberían ser suficientes para impedir la acumulación de agua en la superficie, pero sus valores deberían mantenerse lo más bajos que permitan los requisitos de drenaje, se recomienda no debe 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 chorro 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) Dimensión 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 prevee 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 aeronaves que ejecuten las maniobras de salida 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 arrastre. El empleo de tractores permite un espacio 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.

- Espaciado entre lugares de estacionamiento

Para calcular la distancia entre lugares de estacionamiento de aeronaves requerida, se han preparado fórmulas en varios casos. El caso más 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 detallada 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 de 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 tránsito 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 en tierra

Las operaciones de servicio a las aeronaves que se llevan a cabo durante el tiempo en que una aeronave se encuentra estacionada en un lugar de estacionamiento, comprenden: los servicios de inodoro, cocina, manejo de equipajes, abastecimiento de agua potable, aprovi-

sionamiento 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.

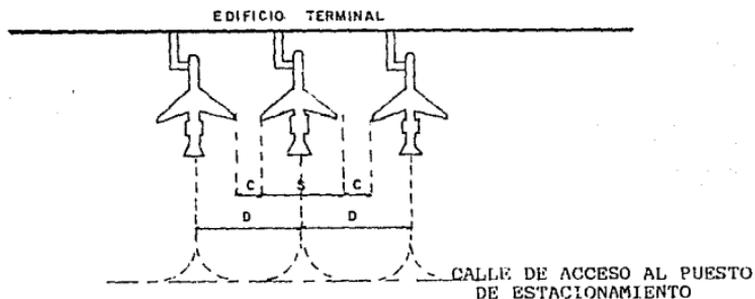


FIG A. METODO DE ENTRADA RODANDO
SALIDA POR EMPUJE SIRVIENDOSE DE TRACTOR

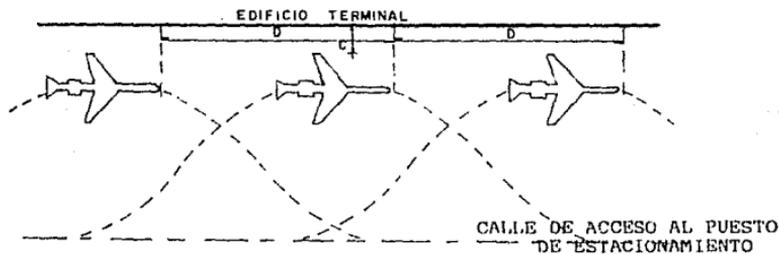


FIG B. METODO DE MANIOBRA AUTONOMA

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 muestran 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 propiciar 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.

2.3.1. D R E N A J E

En el proyecto geométrico de un aeropuerto, el drenaje es uno de los capítulos más importantes, pues de este depende en gran parte el buen funcionamiento de las instalaciones del aeropuerto es su conjunto.

Al escoger la localización del aeropuerto se debe buscar que dicha zona drene libremente con el fin de reducir las obras de drenaje y abaratar los costos. Sin embargo, con frecuencia la localización abarca terrenos inestables que requieren drenaje adecuado tanto superficial como subterráneo. El sistema de drenaje que se emplee debe ser resistente, ya que algunas partes estarán sometidas a la fuertes presiones de los aviones que aterrizan y pasan sobre ellos. Además, debe estar bien diseñada, ya que la acumulación excesiva de agua puede llevar a saturar el pavimento y sus bases provocando un rápido deterioro de las superficies revestidas, así como puede llevar a detener el tránsito aéreo. Por consiguiente, se consibe la importancia fundamental de un drenaje adecuado.

La implantación de un aeropuerto debe procurar hacerse en un sitio de poco relieve accidentado. En tal sitio, la instalación de una red de drenaje impone, para cada elemento de la red, una pendiente suave.

Para poder proyectar un drenaje adecuado en un aeropuerto es necesario contar con los siguientes elementos de trabajo:

- a) Plano topográfico del lugar y de las zonas que lo circundan.
- b) Plano de curvas de nivel a 0.25 m o a 0.50 m de equidistancia.
- c) Plano de perfiles y secciones transversales a lo largo del eje de las aeropistas, calles de rodaje, plataformas, etc.

- d) Datos de precipitación pluvial en la zona y condiciones climáticas.
- e) Estudio de las características de los materiales que forman el subsuelo de la zona.

También podemos considerar los casos de drenaje que se pueden presentar en el aeropuerto, que pueden ser los siguientes:

a) En las superficies sensiblemente planas con pendientes muy reducidas, lluvias normales y terrenos con cierta permeabilidad.

Este tipo de drenaje se resuelve comunmente con canales abiertos, abiertos, ductos, tuberías, alcantarillas, losas de concreto armado sobre estribos de mampostería, o cajones de concreto.

b) En terreno ondulado que presenta una o varias corrientes que aportan sus aguas hacia la zona del aeropuerto.

Este tipo de drenaje viene a agregar dificultades a la solución anterior, se impone la necesidad de un sistema de defensa para interceptar los aportes laterales de aguas, por medio de canales o que los desvían a lugares más bajos para evitar daños en las instalaciones del aeropuerto.

El sistema de drenaje interior de un aeropuerto tiene como objetivo principal, tanto los escurrimientos superficiales aportados por las lluvias, como el agua del subsuelo provenientes de los subdrenes dándole salida hacia el exterior del aeropuerto. Para el drenaje de las pistas es común utilizar zanjas o canales de intercepción paralelos a ambos lados de ellas, fuera de las franjas de seguridad y con sus ejes localizados a una distancia no menor de 150 m del eje de pistas cuando su número de clave es 3 ó 4, y de 75 m cuando su número de clave sea 1 ó 2.

Estas zanjias conducen los canales fuera del área del aeropuerto, con pendientes longitudinales que se adaptan al terreno natural y a veces interceptando calles de rodaje o las propias pistas, donde se hace imprescindible el uso de alcantarillas. La sección transversal de la zanja o canal puede ser triángular, conformada con la pendiente transversal de la franja de seguridad que no puede exceder del 5% medida en el sentido de alejamiento de la pista o bien de sección trapocial. Ambos pueden ser o no revestidos, según la resistencia a la erosión que tenga el suelo es la excavación.

TIPOS DE DRENAJE

Existen dos tipos de drenaje que son los más usuales en aeropuertos.

- a) Drenaje bajo superficie
- b) Drenaje de superficie

DRENAJE BAJO SUPERFICIE

Se obtiene haciendo uso de drenes interceptores y una capa de base permeable, en forma muy semejante a como se drenan las autopistas, algunos campos más chicos con pasto se drenan por medio de una red de subdrenes que cubren el área entera. En los aeropuertos con pistas pavimentadas, los subdrenes están colocados normalmente a los lados de los bordes de las pistas, en donde las condiciones del suelo indiquen que es necesario el drenaje para hacer descender el nivel de agua del terreno. A menudo se emplea una combinación de interceptor y dren.

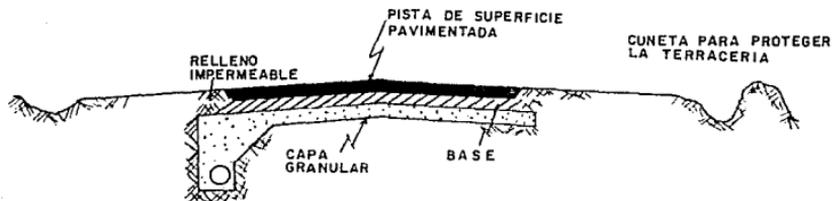
DRENAJE DE SUPERFICIE

Se logra colectando el agua de la pista en las tomas. Es necesario utilizar un sistema de tubos subterráneos para llevar el escurrimiento desde las tomas y subdrenes a las salidas de las vías acuáticas. En áreas bajas, las aguas superficiales se drenan en ocasiones hacia zanjas o canales que corren alrededor del perímetro del aeropuerto.

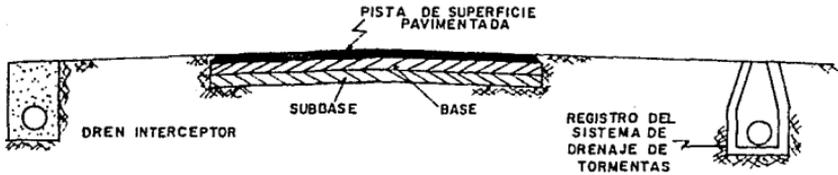
Para diseñar el sistema de drenaje se necesita un plano topográfico sobre el cual, se indica el diseño propuesto de pistas, rodajes, plataformas y área terminal. Las pendientes propuestas para la superficie de esos elementos se muestran por medio de curvas de nivel. Se indica la localización de tomas, subdrenes y tuberías de drenaje del agua pluvial, diseñados para colectar la descarga. El sistema debe ser tan directo como sea posible, para evitar las longitudes excesivas de tuberías; los cambios frecuentes deben evitarse, además debe procurarse minimizar los cruces de tuberías bajo la pista.

A continuación se muestran las secciones típicas transversales de pistas.

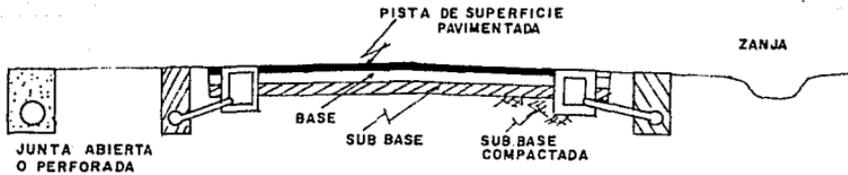
DRENAJE BAJO SUPERFICIE CON RELLENO DE GRADUACION CONTROLADA



DRENAJE DE LA FRANJA DE ATERRIZAJE

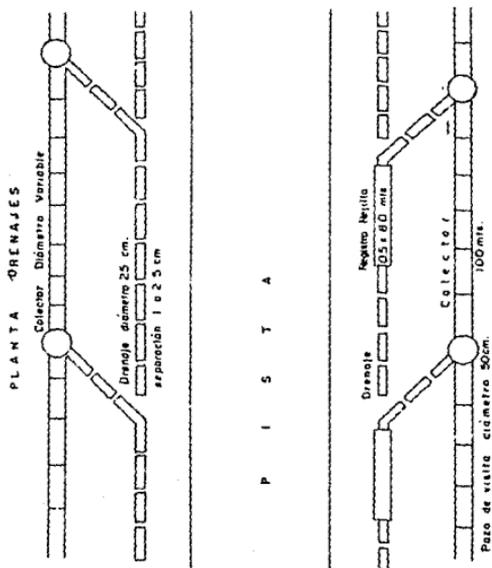


DRENAJE DE LA FRANJA DE ATERRIZAJE CON DREN VERTEDOR





CORTE TRANSVERSAL DE PISTA Y DRENES



2.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PISTAS RODAJES Y PLATAFORMAS

El diseño estructural es uno de los puntos más importantes en el proyecto de aeropuertos. Por lo que en este capítulo se mencionarán los aspectos más importantes a considerar para determinar el espesor y tipo de pavimento 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 transitarán los aviones, así como la calidad de los materiales utilizados, redundará en la seguridad de los usuarios y equipos de vuelos, y por tanto, en 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 óptimo de cualquier superficie de rodaje que este expuesta a un tránsito 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 tránsito 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.

Y en caso contrario, en donde existan cargas considerables, se aplicará un tratamiento a base de losas de concreto hidráulico, para absorber los esfuerzos provocados por las cargas dinámicas y estáticas del vehículo.

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 tránsito dentro del aeropuerto.

PAVIMENTOS - DEFINICION

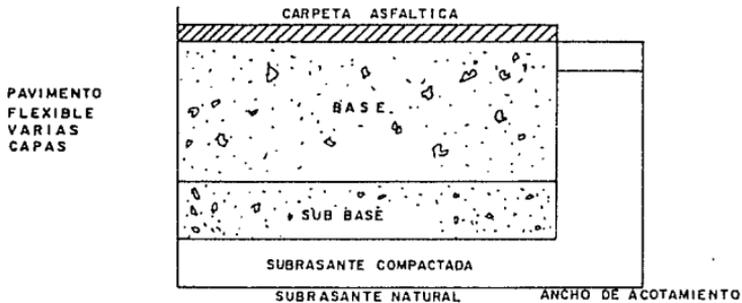
Se define como pavimento a la estructura consistente en una o más capas de materiales apropiados, cuya finalidad principal es la de proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito adecuado de los vehículos distribuyendo convenientemente las cargas concentradas de tal manera que la capacidad 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 camas de corte o terraplen, que viene a construir las terracerías.

A partir de la estructura con que usualmente se construyen los pavimentos, y más específicamente, la capa superficial o carpeta, estas estructuras se clasifican en dos tipos, ya mencionados anteriormente, pero que se explicarán a continuación:

a) Pavimento flexible

Un pavimento flexible está constituido por una carpeta asfáltica relativamente delgada que actúa como una superficie de rodamiento; la carpeta asfáltica se apoya sobre la capa llamada base y ésta 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

1. Carpeta asfáltica o 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.

2. Base.

Es la componente estructural más 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 distribuirlas adecuadamente.

3. 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.

4. 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 lo forman, la carpeta está 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 portland o asfalto, para mejorar sus características.

Los pavimentos flexibles tienen la ventaja de poder plegarse a pequeñas deformaciones de las capas inferiores, sin llegar a la falla

estructural.

Tienen un menor costo inicial, aunque requieren de mayor mantenimiento.

TIPOS DE CONSTRUCCION 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) Carpeta de concreto asfáltico.

Son las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente en una planta estacionaria, utilizando cementos asfálticos.

De ser posible únicamente se deben 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 de control de calidad durante su elaboración.

b) Pavimento Rígido

Un pavimento rígido está 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 tránsito.
- Impedir al máximo la penetración del agua superficial a las capas de apoyo.

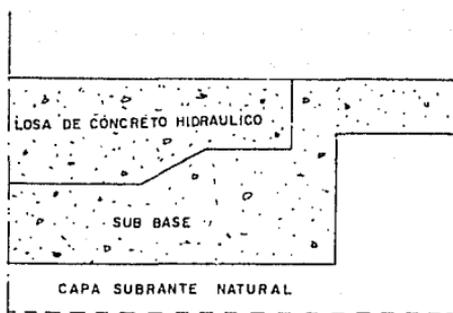
b) Subbase del pavimento rígido.

Las funciones de las subbases en los pavimentos rígidos son:

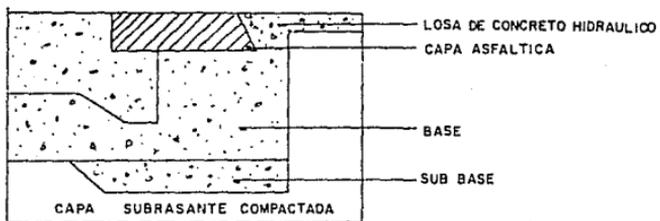
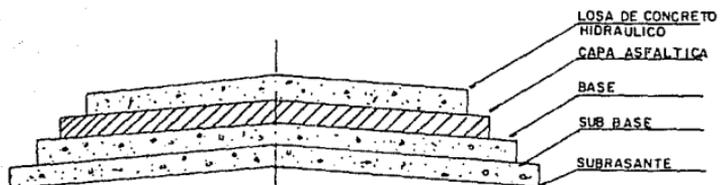
- Prevenir el fenómeno de bombeo, actuando como capa drenante.
- Proteger al pavimento contra la acción de las heladas.
- Proporcionar a la losa una superficie de apoyo más resistente.
- Facilitar la construcción de la losa.

Es conveniente anotar que un pavimento está constituido por toda la estructura que se encuentra colocada sobre 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 estructural.

Este tipo de pavimentos tienen un mayor costo inicial, pero su vida útil es más larga y requieren menor 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 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 de un aeropuerto.

Anteriormente en el capítulo de proyecto geométrico, ya se señaló que los daños más serios de una aeropista ocurren en aquellos sitios 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 produce al centro de las áreas pavimentadas de los aeropuertos.

Otro factor muy importante a 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 en los neumáticos también, lo que provoca un riesgo en la perforación de los revestimientos. Por lo tanto, las autoridades aeroportuarias han marcado límites en cuanto a la presión de los neumáticos, y para compensar el aumento de las cargas se han hecho aviones con mayor número de ruedas 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

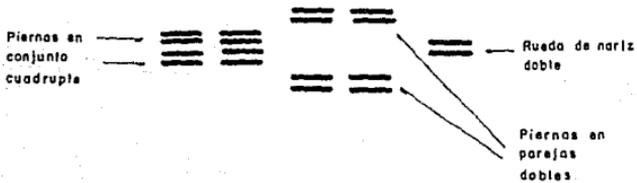
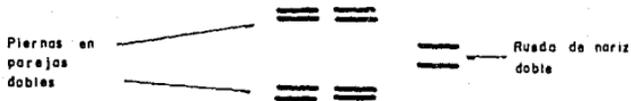
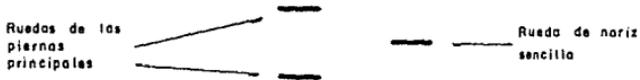
Para el cálculo de la carga aplicada por rueda del tren de aterrizaje principal, se supone el 90% de la carga del avión se aplica en forma uniforme sobre el tren principal y el resto en el tren de nariz.

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 rueda simple, 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 del 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 estas se determina su desgaste a partir del número de cargas repetidas que soportará a lo largo de su vida útil.

f) Mezclas de los diversos tipos de aeronaves.

Es necesario conocer los tipos de aeronaves para en base a estos determinar el avión crítico, sobre el cual deben 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.

Debe considerarse las previsiones del tránsito aéreo para poder diseñar un pavimento que pueda admitir la cantidad de tránsito aéreo en un 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.

SELECCION DEL TIPO DE REVESTIMIENTO

Los dos tipos de revestimientos, rígido o flexible son elegibles 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 del subsuelo
- Características mecánicas de las terracerías
- Factores ambientales
- Tránsito 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 terre-

nos 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 con un revestimiento flexible.

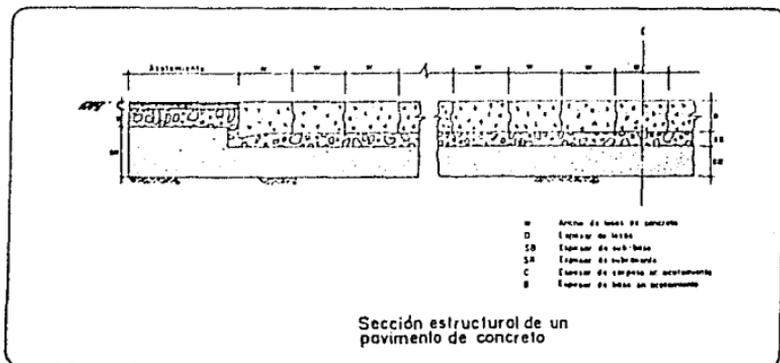
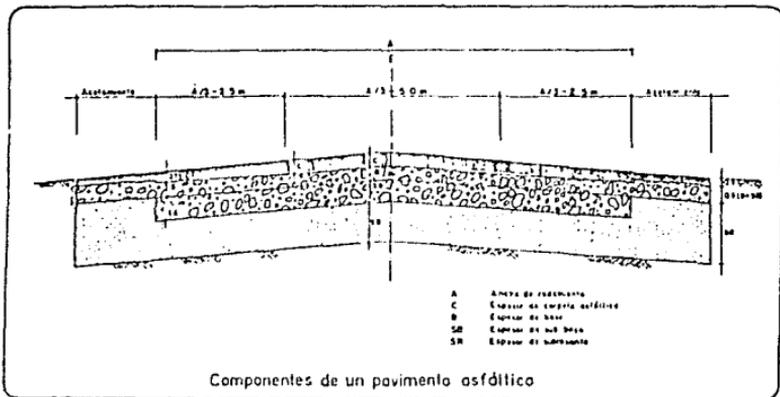
b) Criterios económicos

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
- Condicionantes de los planes de expansión

En cuanto a las condiciones del terreno, se recomienda que cuando este tiene 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



éstos 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.

CONSIDERACIONES PARA EL CALCULO 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 porque al adquirir mayor velocidad al avión aliviana su peso, o bien, porque al aterrizar el avión pierde parte de su combustible, y por consiguiente el peso podría ser disminuido.

En realidad, la disminución es a menudo mínima y la diferencia de nivel en el fondo del 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 áreas de plataforma, se considera que están sometidas a mayor esfuerzo debido a que en estas los aviones están

invevilizados o nulos, pero considerando que el número de carga soportada por estas se compensa con las limitaciones elevadas de carga soportadas por ellas. Es por esto que se adoptará 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 los que se operan aeronaves muy pesadas, ya que este material presenta 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), apartir de los datos siguientes:

- Índice C.B.R. del suelo para los revestimientos flexibles.
- Resistencia a la flexión del concreto para pavimentos rígidos.
- Módulo de reacción del suelo para revestimientos rígidos.
- Peso y geometría del tren de aterrizaje para ambos.

En este método se elige la aeronave crítica, que es aquella que más 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 de 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 haya elegido como crítica.

Primero, el número de operaciones ($R'2$) en la vida útil de la obra se multiplica por los factores que se dan en la hoja sig. para encontrar el número de operaciones equivalentes ($R2$), las cuales están en función del tipo de pierna da cada aeronave y de la aeronave tipo.

Luego el número de operaciones equivalentes se encuentra con la fórmula:

$$\log R1 = \log R2 (P2 / P1)^{\frac{1}{2}}$$

en donde P2 es el peso de la pierna de las diferentes aeronaves y P1

COEFICIENTE DE CORRECCION DEL NUMERO DE SALIDAS
EN FUNCION DE LA GEOMETRIA DEL TREN

Para pasar 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

el correspondientes a la pierna de la aeronave tipo.

Hasta aquí se sigue el mismo procedimiento para ambos tipos de pavimentos; a continuación se especifica el procedimiento final de cada una a partir de las operaciones equivalentes.

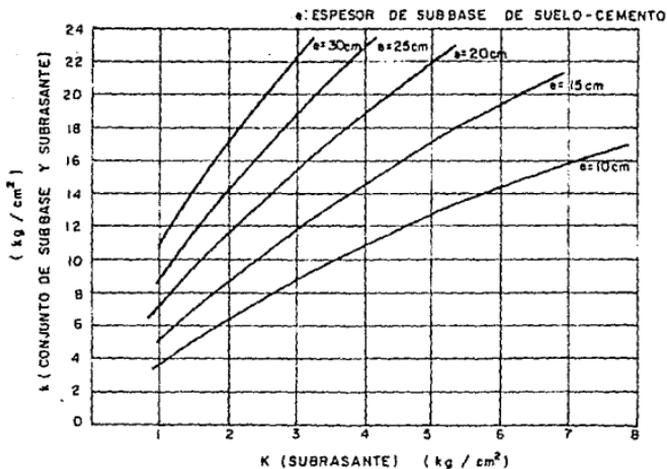
PAVIMENTO FLEXIBLE

Una vez obtenido el número de operaciones equivalentes, 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 gráfica correspondiente según el tipo de tren de aterrizaje, ya sea con rueda simple, ruedas gemelas o con bogie simple. Estas gráficas se muestran a continuación. También se incluye una gráfica que da los espesores de pavimento cuando el peso total del avión es inferior a 30 000 libras (13.5 Ton).

PAVIMENTO RÍGIDO

Una vez obtenidos los datos referentes al peso del avión, resistencia a la flexión, y número de operaciones equivalentes anuales, se corrige el módulo de reacción a partir de la figura sig. , en el caso de que se intercale 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 procede a utilizar las gráficas, proporcionando varias en función del tipo de tren de aterrizaje.

El espesor de pavimento en los acotamientos de la pista, cuando existen, pueden ser inferior al de la pista, en efecto, hay que considerar que estas zonas reciben un tránsito reducido o nulo. En la prác-



Nomograma para encontrar el módulo de reacción corregido en función del de la subrasante y el espesor de la subbase de material granular rigidizado.

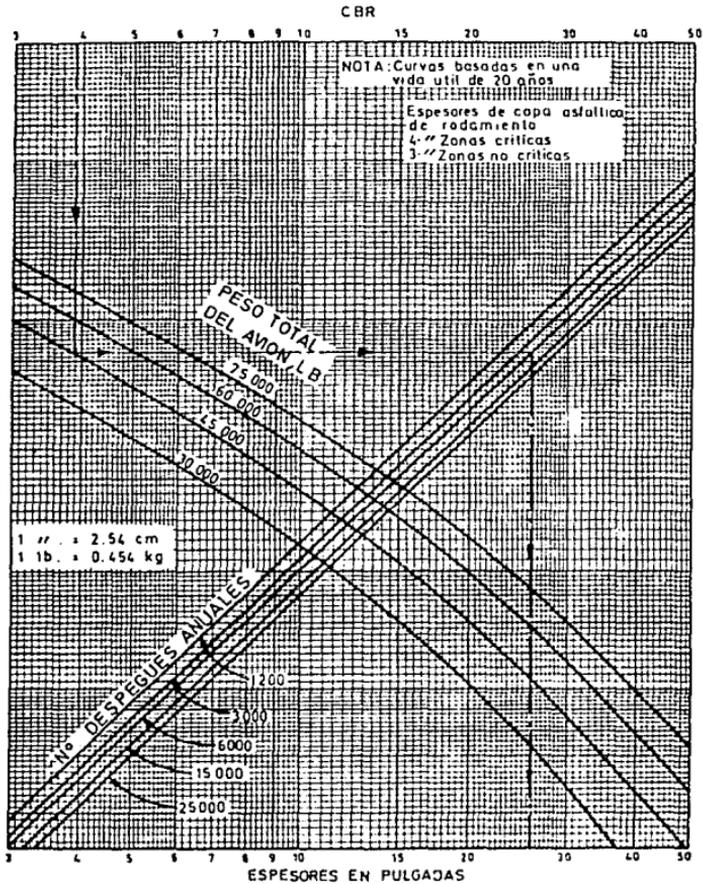
tica, se adopta un coeficiente de 0.9 en zonas menos críticas y de 0.7 para zonas de acotamiento. También se muestra un plano de zonificación de la estructura de los pavimentos en un aeropuerto tal como se usa en el país.

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 juntas pueden ser de diferentes tipos, como son:

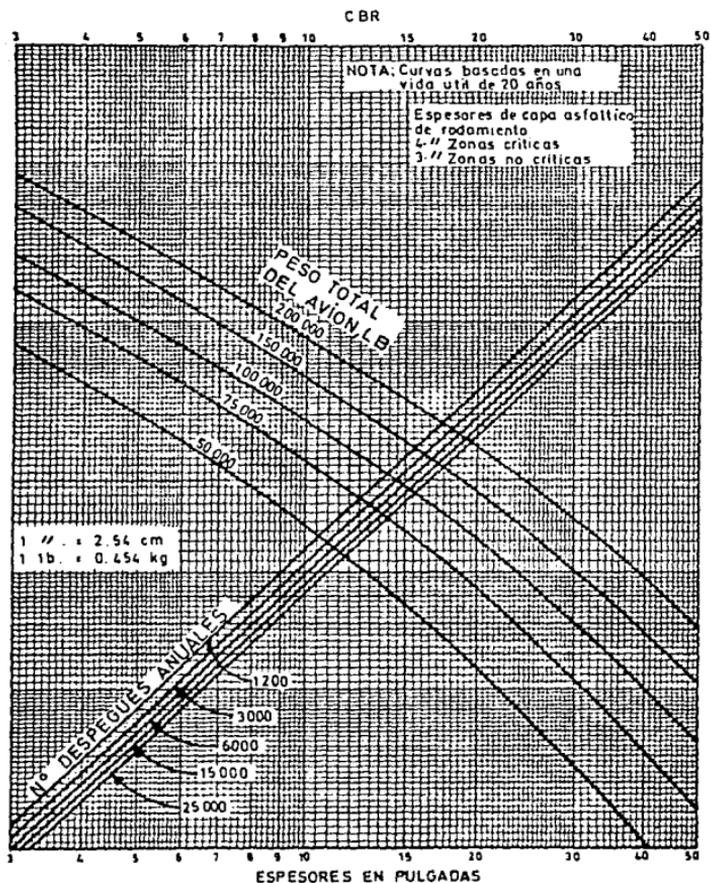
- juntas longitudinales
- juntas transversales de contracción
- juntas de expansión
- juntas de transición
- juntas transversales de construcción

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 el aeropuerto pueda funcionar de manera óptima.



CURVAS DE CALCULO PARA ESPEORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN AREAS CRITICAS

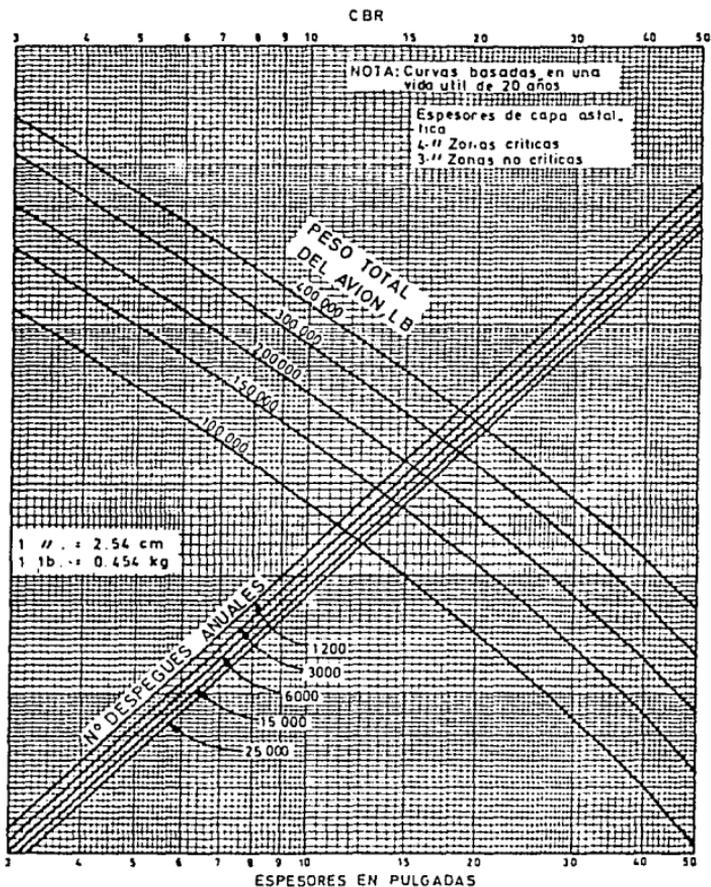
TREN DE ATERRIZAJE CON RUEDA SIMPLE



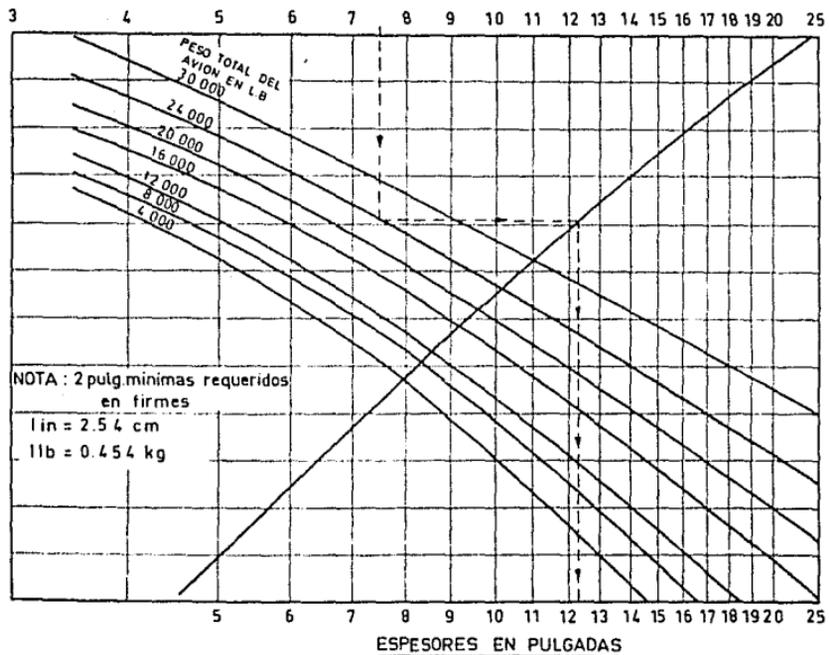
CURVAS DE CALCULO PARA ESPEORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN AREAS CRITICAS

TREN DE ATERRIZAJE CON RUEDAS GEMELAS

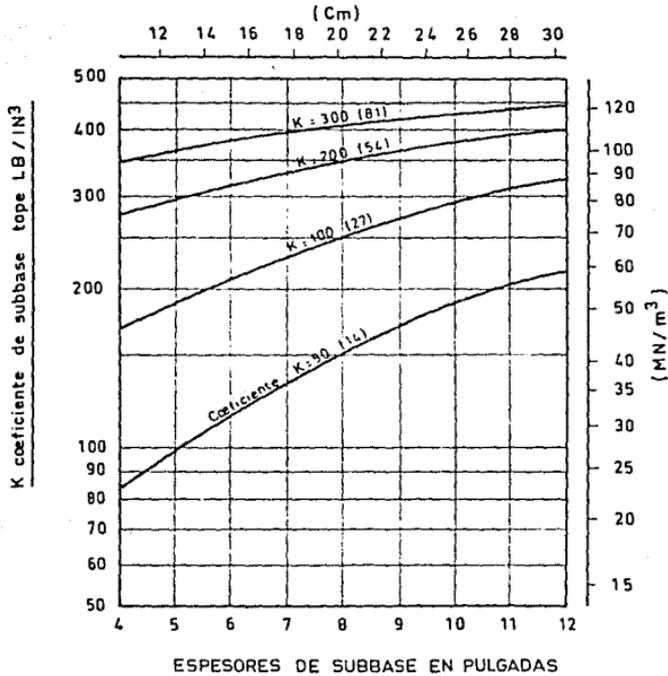
FUENTE: FAA (AC 150/5320-6C)



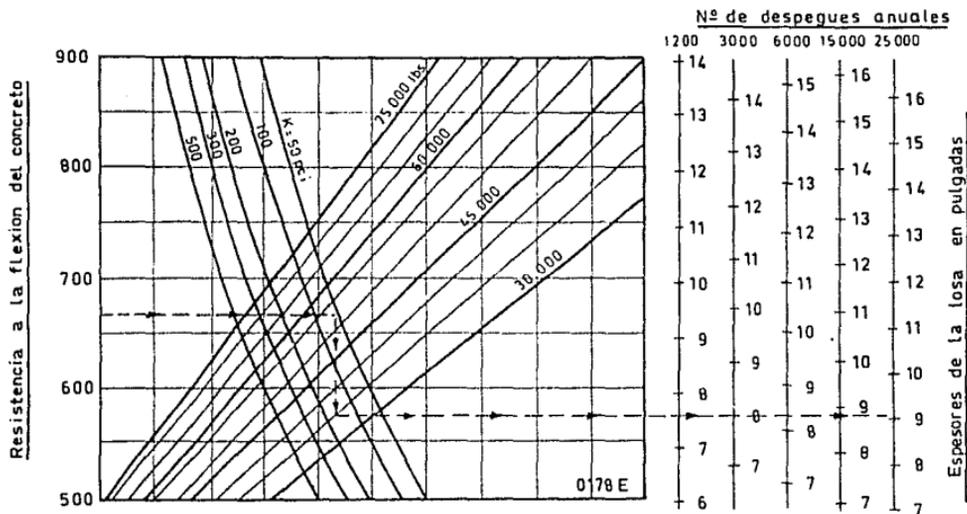
CURVAS DE CALCULO PARA ESPEORES DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN AREAS CRITICAS
TREN DE ATERRIZAJE CON BOGIE SIMPLE



Curvas de calculo para pavimentos flexibles - aviones ligeros



Coeficiente para la acción de la estabilización de la subbase



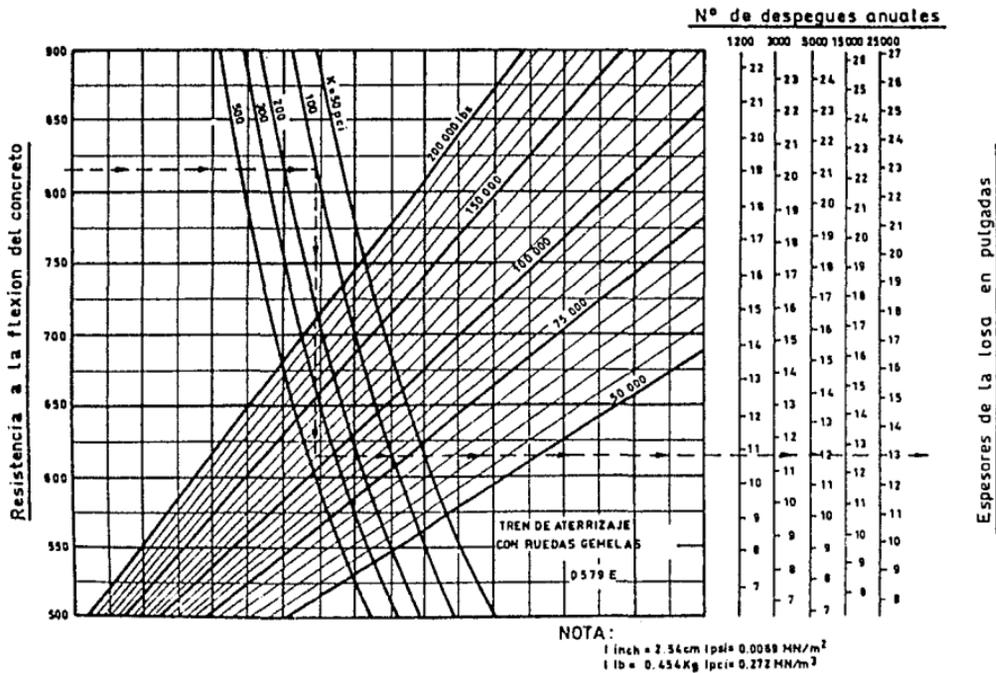
NOTA:

1 inch = 2.54 cm 1 psi = 0.0069 MN/m²

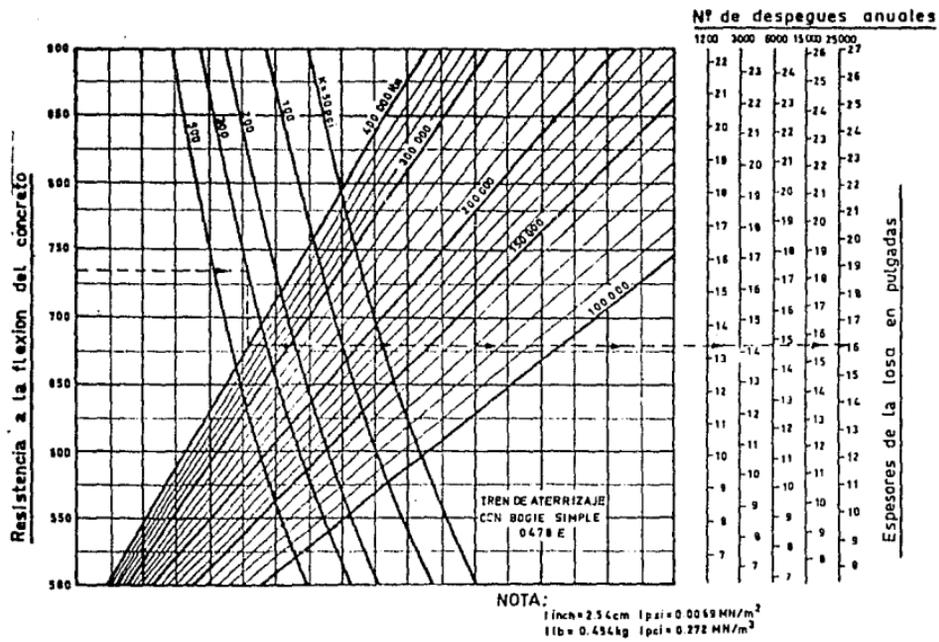
1 lb = 0.454 kg 1 pci = 0.272 MN/m³

Curvas de calculo para pavimentos rigidos - tren de aterrizaje en rueda simple

FUENTE: FAA (AC 150 / 5320 - 6C)



Curvas de calculo para pavimentos rigidos - tren de aterrizaje con ruedas gemelas



Curvas de calculo para pavimentos rigidos - tren de aterrizaje con bogie simple

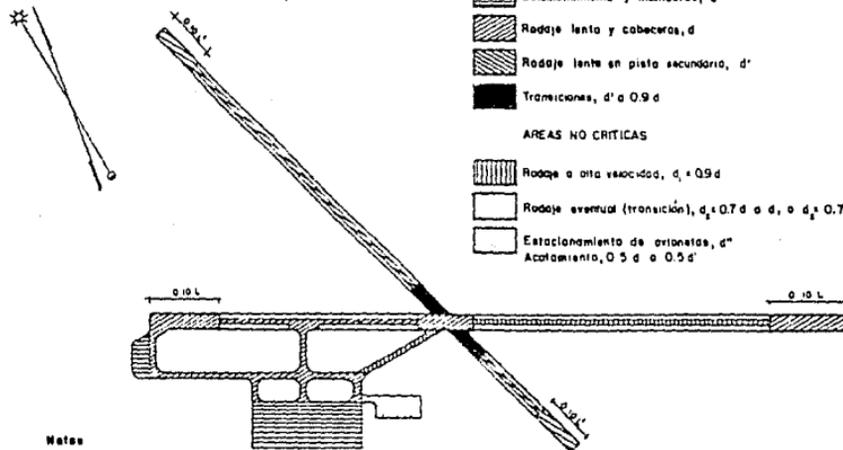
SIMBOLOGIA

AREAS CRITICAS

-  Estacionamiento y maniobras, d
-  Rodaje lento y cabeceras, d
-  Rodaje lento en pista secundaria, d'
-  Transiciones, d' a $0.9d$

AREAS NO CRITICAS

-  Rodaje a alta velocidad, $d_1 = 0.9d$
-  Rodaje eventual (transición), $d_1 = 0.7d$ a d , o $d_2 = 0.7d$ a $0.9d$
-  Estacionamiento de aviones, d''
-  Acatamiento, $0.5d$ a $0.5d'$



Notas

Pista principal

- L Longitud de la pista principal
- d Espesor de diseño (áreas críticas)

Pista secundaria

- L' Longitud de la pista secundaria
- d' Espesor de diseño (áreas críticas)

Plataforma de aviones

- d'' Espesor de diseño

Áreas de rodamiento en aeródromos

2.5. PROYECTO DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

Dentro del proyecto aeroportuario, existen una serie de instalaciones que requieren de un estudio particular y detallado. En el presente trabajo 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.

2.5.1. PROYECTO DE ZONA DE SALVACION Y EXTINCION 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 ocurran 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 tales como: estación de bomberos, policía, hospitales, servicios fune-

rarios, 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 contará 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 debería 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 en caso de accidente o incidente. 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 él.

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 fluoroproteínica: 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 SALVACION Y TIEMPO DE RESPUESTA

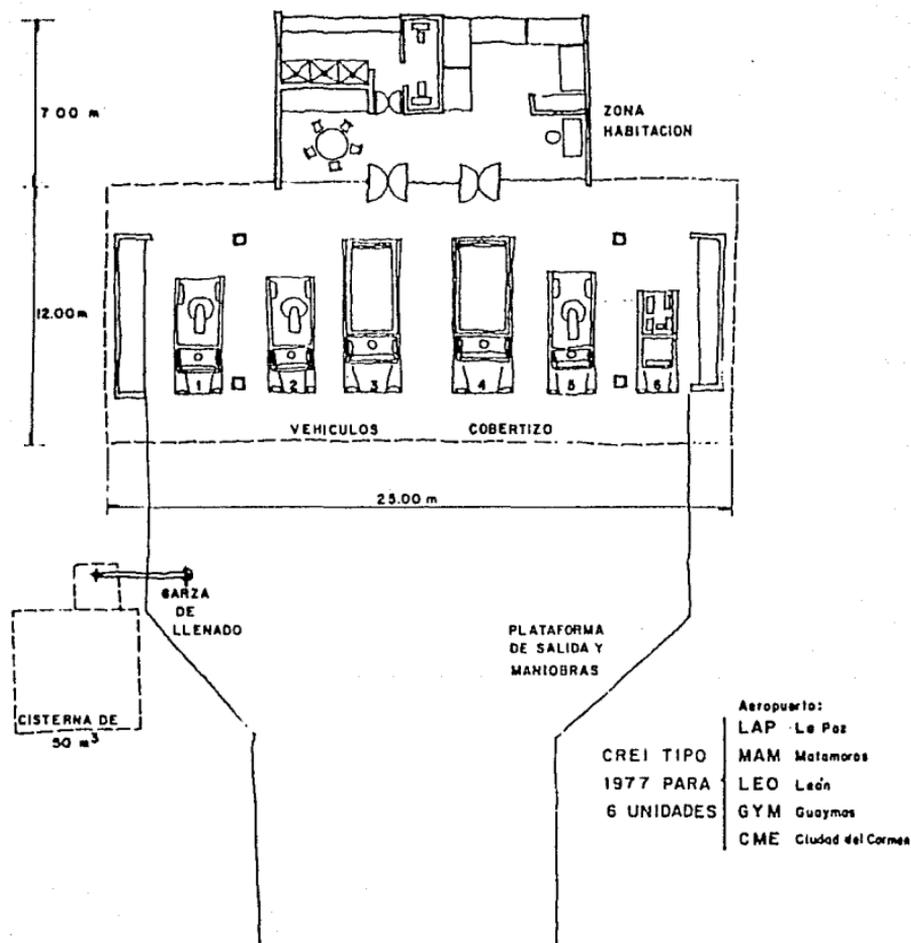
El vehículo o vehículos del CREI deberán estar dotados del equipo de salvamento que exija el nivel de las operaciones de las aeronaves.

Debería fijarse como objetivo operacional de 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 un 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 las estación debe estas situado de modo que tenga libre acceso a la zona de pistas.



Edificio para el CREI en el área terminal

2.5.2. PROYECTO DE INSTALACIONES ELECTRICAS

Esta formado por la central eléctrica, la cual comprende no sólo los transformadores que reciben la energía eléctrica suministrada, sino también los equipos de emergencia que, si se da el caso, podrán sustituir a la energía del sector que falla, con energía que producen.

Estos grupos de emergencia son importantes y deben poder intervenir rápida y automáticamente. En efecto, el balizaje de la línea de aproximación, las comunicaciones por radio, las ayudas al aterrizaje, son conectadas a la red y si la energía eléctrica falta cuando un avión esta en aproximación, hay riesgo de accidente.

ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DE LOS AEROPUERTOS

Las instalaciones eléctricas de un aeropuerto debe estar caracterizada por su fiabilidad, su rapidez de maniobra y de intervención para socorrer una parte defectuosa, su aptitud a sufrir numerosas modificaciones en el curso de la vida del aeropuerto.

Las instalaciones en general se establecen en base a las actividades que correspondan a ciertas necesidades, que con el tiempo pueden aumentar y conducen, por lo tanto, a una extensión de las instalaciones eléctricas.

Se deben contar con dos tipos de fuente de energía:

- La energía normal, que corresponde al conjunto de medios instalados en un aeropuerto que distribuyen la energía suministrada por la C.F.E., y

- La energía de seguridad, la cual es una energía que suple un defecto eventual del sector.

El aeropuerto debe contar con dos tipos de redes conectadas a

la central, las cuales son:

a) Red prioritaria

Esta red se encarga de alimentar a las ayudas de aterrizaje, es decir, alimenta al balizaje luminoso y a las ayudas a la navegación (ILS, VOR, Torre de control, Radiobaliza, Meteorología). La red es subterránea y debe ser siempre particular, además debe contar con un alto grado de fiabilidad, de tal manera que su instalación pueda asegurar una continuidad en el servicio.

Por otra parte, en caso de avería del sector esta red es obligatoriamente socorrida (energía de socorro).

Para asegurar esto, la central del aeropuerto debe contar con las instalaciones necesarias y estar prevista para un funcionamiento automático ligado a las perturbaciones que se presenten. Un defecto del sector sobre la red trae el arranque del grupo de socorro y la realimentación automática de las instalaciones. El período de realimentación varía según el equipo y es generalmente impuesto por la reglamentación que varíe entre $1/10$ seg a 8 segundos.

b) Red general

Es la que alimenta las exigencias de las instalaciones de infraestructura como son: Edificio terminal, Hangares, Medios generales, Carburantes, Calles de acceso, Estacionamientos, etc., las cuales varían dependiendo del tipo de aeropuerto.

La red es subterránea y puede ser de tipo radial o en circuito. Además puede estar conectada al sector público.

La red puede estar o no auxiliada por una planta generadora. Es en general auxiliada parcialmente. Las partes de la instalación auxiliada son por ejemplo, la terminal y la iluminación exterior; o sea,

la recepción de los pasajeros, el mantenimiento de equipaje, la iluminación, y el funcionamiento de los grupos frigoríficos tienen la necesidad de estar asegurados de una manera regular.

Por lo tanto, una planta de auxilio para la red general debe estar prevista en la central eléctrica del aeropuerto, con un período de realimentación del orden de 10 a 15 segundos.

En cuanto a las subestaciones eléctricas, éstas están integradas por un conjunto de aparatos y dispositivos eléctricos que se encuentran interconectados entre sí, para convertir energía eléctrica en ciertas características requeridas para su utilización,

Dichas subestaciones son necesarias en los centros de consumo para poder utilizar la energía sin peligro para el personal.

Entre las subestaciones eléctricas más comúnmente utilizadas en un aeropuerto, se encuentran las siguientes:

- Subestación de ayudas visuales

En ella son conectados aquellos elementos de señalización, que intervienen en la orientación y operación de las aeronaves.

- Subestación para SENEAM

Esta subestación se destina a dar servicio a todos los equipos que proporcionan servicio de radioaeronáutica móvil y de navegación.

- Subestación para servicios generales

Se localiza en el edificio terminal de pasajeros y proporciona energía eléctrica a todos los equipos que dan servicio al inmueble.

- Subestación para aire acondicionado

Proporciona energía a los equipos de clima artificial y se localiza también en el edificio terminal.

- Subestación para zona de combustible
(sólo si se requiere)
- Subestación de campo (sólo si se requiere)

Proporciona energía para la instalación de luces de destello en el sistema de aproximación de la pista.

Se debe considerar también la iluminación exterior, tanto para la plataforma de operaciones, como para el estacionamiento y camino de acceso.

2.5.3. PROYECTO DE SERVICIO TELEFONICO

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 principio se consideran unicamente 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 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 LINEAS	LINEAS 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

2.5.4. PROYECTO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS 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:

1. Red de alimentación de agua
2. Red de evacuación de aguas pluviales y usadas

En este capítulo sólo se mencionará el abastecimiento de agua potable y la evacuación de aguas usadas, debido a que la evacuación de aguas pluviales se trata en el capítulo correspondiente a 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 constituir 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 alejados.

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 matálicos 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 utilizará material plástico (policloruro de vinilo).

SISTEMA DE EVACUACION 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 caudales máximos, se partirá del consumo de agua de la 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 a 30 %, debido a que el agua consumida no alcanza en su totalidad la alcantarilla; esto es a causa del regadío 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 en la red de aguas pluviales. También es conveniente proceder 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, garages o puntos donde se produzcan derrame de hidrocarburos para que actuen como separadores de hidrocarburos.

2.5.5. PROYECTO DE ZONA DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento y la reparación de aviones se hacen en las instalaciones industriales de las compañías aéreas. Esas instalaciones deben en general permitir 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 a 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 la 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 más grande posible, para poder abrigar una serie de aviones de características diferentes, y disponer-

los 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 está 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 todo tipo de material para la construcción. Los primeros hangares de tipo clásico fueron de 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 está utilizando más bien los hangares metálicos, que son en parte más económica de construir, y en general, requieren mantenimiento simple.

Hangares para aerodromos de clase 1 y 2

Hangar ligero de 20,00 x 15,30 m

FRENTE FACHADA



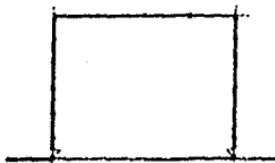
MURO AGUILLÓN



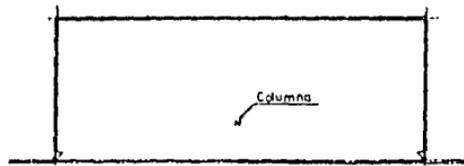
FACHADA TRASERA



PLANTA



PLANTA
ensamblaje de 2 celdas



227

CARACTERÍSTICAS GENERALES

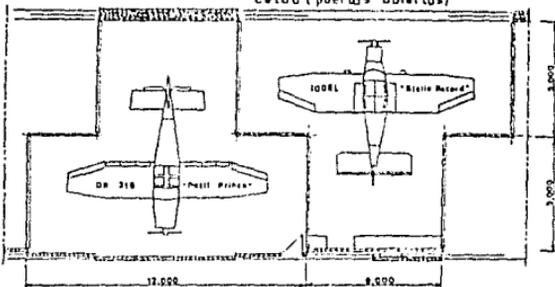
Ancho entre ejes de columnas	20,00 m
Profundidad entre ejes de columnas extremas	15,34 m
Altura libre	3,50 m
Ancho de entrada	19,35 m
Superficie de planta	307,00 m ²
Peso total	18 778,00 kg

Utilización: Aviones de turismo y negocios cuando la altura de su deriva no pasa 3,30 m
El hangar fue la cubierta tipo por los aviones de aero-clubes

HANGARES PARA AERODROMO DE CLASE 1 Y 2
 CELDAS 1

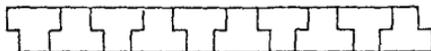
VISTA EN PLANTA

celda (puertas abiertas)

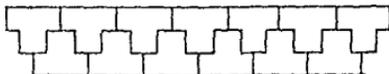


celda (puertas cerradas)

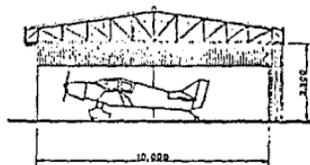
AGRUPAMIENTO LINEAL SIMPLE



AGRUPAMIENTO LINEAL DOBLE



CORTE TRANSVERSAL



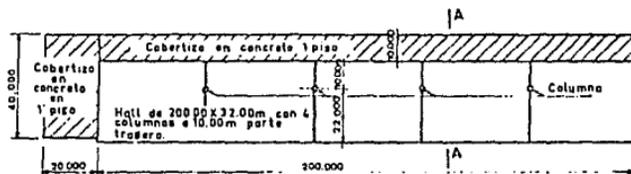
CARACTERISTICAS GENERALES

Superficie en planta 9000 m²
 Altura libre 3.50m
 Utilizacion: aviones de turismo
 y de negocios cuando
 la altura de la
 deriva no pasa de 3.50m

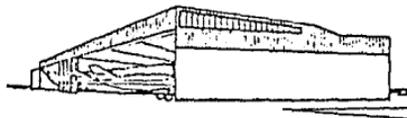
HANGARES PARA AERODROMOS DE CLASE 2.3.Y 4

MARIGNANE - HANGAR NORTE PARA LA AVIACION GENERAL

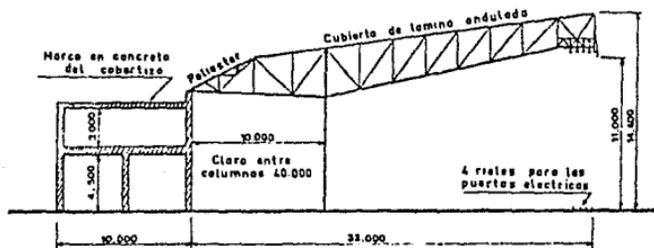
VISTA EN PLANTA



PERSPECTIVA



CORTE A-A



CARACTERISTICAS GENERALES

Ancho del hangar	200.00 m
(5 claros de 40 m, 4 columnas a 10 m de parte trasera)	
Profundidad del hangar	32.00 m
Profundidad libre	29.50 m
puertas cerradas (aprox.)	
Altura libre del claro	11.00 m
Utilizacion: hangar, cubierto para aviones de negocios.	

HANGARES PARA AERODROMOS DE CLASE 2.3.Y4

HANGAR DE 60.00 X 20.00m

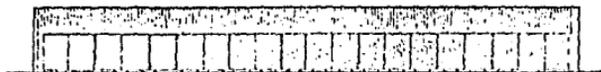
CORTE LONGITUDINAL

Sobre columna de apoyos



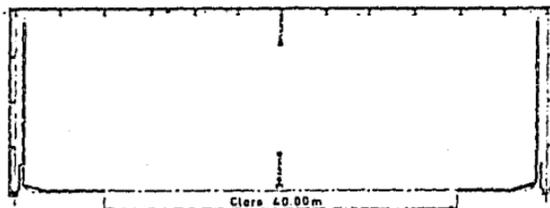
FACHADA FRENTE

Puertas cerradas



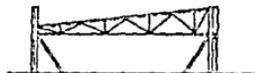
VISTA PLANTA

Puertas abiertas



Las puertas siendo plegadas en el frente de la fachada pueden desplazarse hacia la izquierda o la derecha para despejar completamente la estructura.

CORTE TRANSVERSAL
EN EL EJE



MURO AGUILON



230

CARACTERISTICAS GENERALES

Ancho del hangar: 30.00x2 6000 m

Profundidad del hangar 20.00m

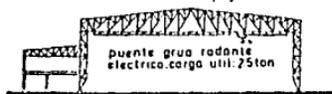
Altura libre del claro 4.00m

Utilización: hangar cubierto para aviones de aero-clubs, de turismo y de negocios; cuando la altura de la deriva no pasa de 3.80m

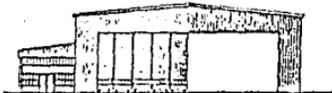
HANGARES PARA AERODROMOS DE CLASE 4.5 Y 6

HANGAR DE 48.00 X 55.00 m

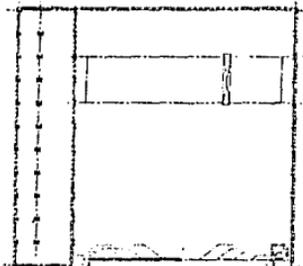
CORTE TRANSVERSAL
sobre apoyos



FACHADA FRENTE

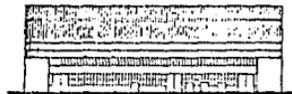


VISTA EN PLANTA

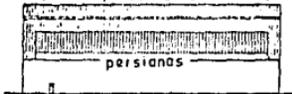


puertas cerradas puertas abiertas

ELEVACION LADO COBERTIZO



ELEVACION DEL HANGAR
(lado opuesto al cobertizo)



231

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 Bxing 727.228 podrá recibir otros aviones de importancia comparable.

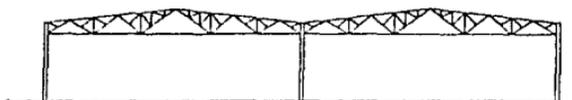
Nota: El hangar está calculado para resistir los vientos ciclónicos.

HANGAR PARA AERODROMOS DE CLASE 5 Y 6

HANGAR de 112,00 x 56,00m

CORTE LONGITUDINAL

Sobre apoyo central



PUERTAS CERRADAS

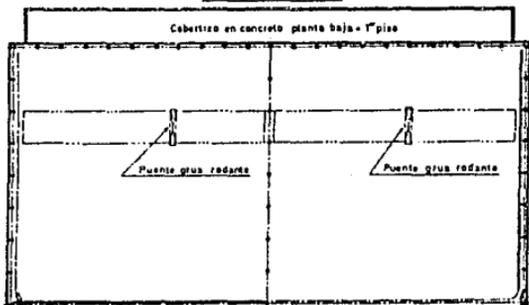
FRENTE FACHADA

PUERTAS ABIERTAS



CORTE EN PLANTA

Cobertura en concreto planta baja = 1º piso

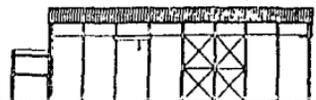


PUERTAS CERRADAS

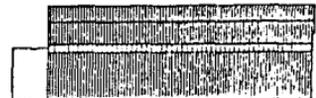
PUERTAS ABIERTAS

CORTE TRANSVERSAL

Entre 2 estructuras apoyadas



AGUILÓN



23

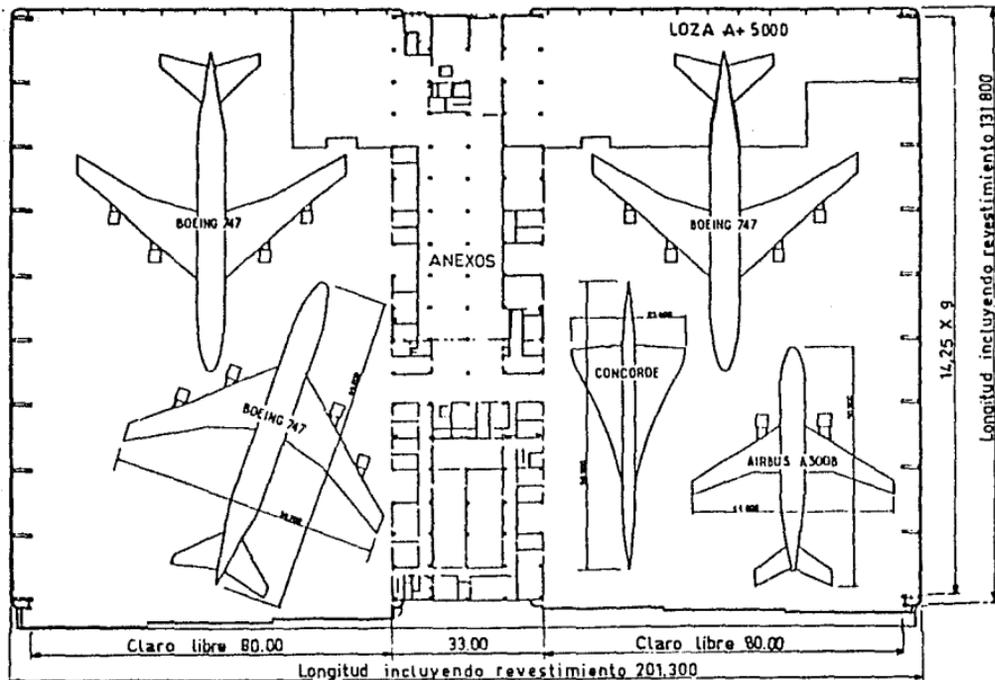
CARACTERISTICAS GENERALES

Ancho del hangar	112,00 m
Profundidad del hangar	56,00 m
Ancho libre de claro	54,00 m
Altura libre del claro	14,00 m

Utilización : hangar-taller para BOEING 107 y aviones de menores dimensiones

ESTRUCTURA NORTE

ESTRUCTURA SUR



HANGARES PARA AERODROMOS CLASE 7

C.D.G.-HANGA; H1.

2.5.6. PROYECTO DE 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 utilizarán 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 utilizarán 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, está 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 3 días de consumo, en casos de 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.

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

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.

Se debe procurar que los depósitos se instalen tan cerca como sea posible de los lugares de abastecimiento de combustible para aeronaves, sin que esto provoque un obstáculo para las operaciones del aeropuerto.

DISTRIBUCION DEL COMBUSTIBLE

En un primer momento, correspondiente a la puesta en servicio, el abastecimiento a los aviones se realizará 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 tienen 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 conectan 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, y 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 abastecimiento, 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. Las ventajas 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 de 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 puede resultar más económico que esté localizado cerca de un camino, muelle, vía de ferrocarril o un oleoducto.

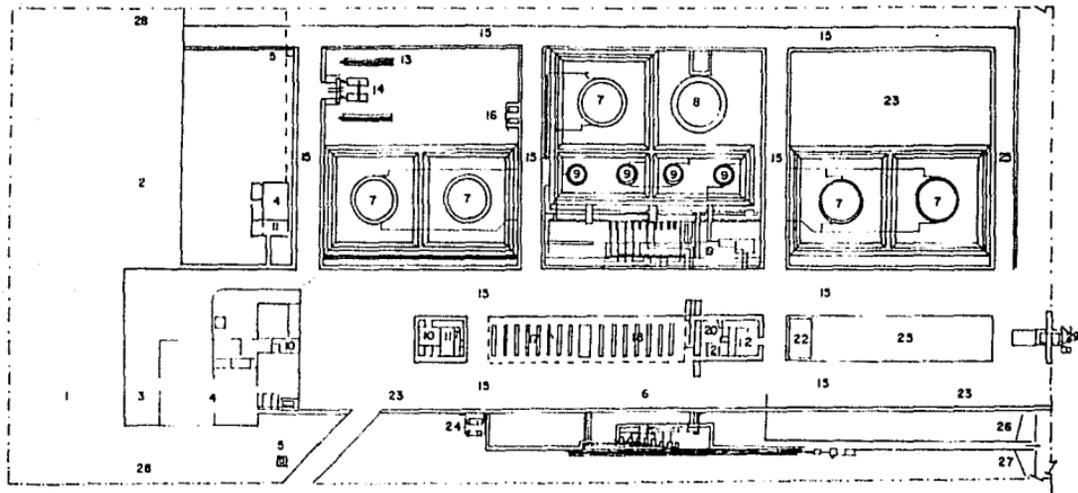
d) Debe estudiarse la topografía del terreno, ya que si se ubica en una zona alta ahorra energía en los motores de las bombas.

e) Debe ubicarse lo más cerca a las plataformas de operaciones.

f) Que no este 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



- 1. Area para equipo
- 2. Area de trabajo
- 3. Area para maniobras
- 4. Taller
- 5. Terreno de vigilancia
- 6. Hidrante
- 7. Tanque de turbosina
- 8. Tanque de agua

- 9. Tanque de gas avión
- 10. Oficinas
- 11. Archivo
- 12. Sub-estación eléctrica
- 13. Estiba de camiones
- 14. Tanque de aceite
- 15. Casa

- 16. Nova
- 17. Plataforma de descargaderas
- 18. Plataforma de llenaderas
- 19. Caseta de dosificación
- 20. Control
- 21. Laboratorio
- 22. Plantas de emergencia
- 23. Construcción futura

- 24. Tanques de diesel
- 25. Jardín
- 26. Línea de combustibles e Hidrantes en plataforma
- 27. Turbosinoducto
- 28. Cercado de malla
- 29. Acceso

2.5.7. PROYECTO DE ZONA DE CARGA

La función de la zona de carga tiene como objeto recolectar el conjunto de las mercancías, almacenarlas (si es necesario), condicionarlas, cargarlas a bordo de los aviones y tratar los procedimientos documentales: descarga, condicionamiento, 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 ésta. 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 ella. 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 reducida 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,

ubicandola 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 y organización de agentes de carga

Pueden estar presentes sobre el aeropuerto, reduciendo las distancias entre sus instalaciones y las terminales, o no; pueden ser utilizados frecuentemente o no.

3. Importancia del tránsito por aviones de carga y por aviones mixtos (Pasajeros y carga)

Ella condiciona en efecto en modo de estacionamiento de los aviones y por lo tanto, la organización de los transportes de las unidades de carga. Por una 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 compa-

ñas o instalaciones agentes de carga, y por otra parte, los aviones mixtos estacionados en 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 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 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 exportación, la situación es más simple porque no hay en principio, aduana a la salida, pero ésta 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 proveer 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, debe calcular en primer lugar la carga que tratará 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 ton/año/15 ha, el cual podrá variar según 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, condicionamiento, 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 condicionarán si habrá sólo una para administrar y operar toda la carga, o bien con el crecimiento de esta cada línea aérea podrá establecer su terminal de carga propia.

2.6. PROYECTO DE AYUDAS VISUALES

Las ayudas visuales constituyen el señalamiento que auxiliará a los pilotos de las aeronaves, tanto para maniobras de aproximación y aterrizaje, como para el tránsito interno en el aeropuerto.

En su mayoría son instrumentos y señales de tipo visual, permitiendo una mejor visibilidad de maniobra a las aeronaves, en otros casos, estos implementos de ayuda no serán visibles, por los que sus características de apoyo serán emitidas a base de impulsos electrónicos, por medio de señales de radio.

Todas las instalaciones se sujetarán de acuerdo a las especificaciones que marca la OACI, tomando como referencia la clasificación del aeropuerto, obteniéndose de esta manera la distribución correcta y exacta de los diferentes tipos de señalización.

La instalación de las ayudas visuales que deben colocarse en el aeropuerto dependerán principalmente de las condiciones de visibilidad en las que se pretenda llevar a cabo las operaciones, y posteriormente, de los tipos de aeronaves que utilizarán el aeropuerto.

Las ayudas visuales en un aeropuerto se pueden dividir en.

- a) Indicadores y dispositivos de señalización
- b) Señalamiento horizontal
- c) Iluminación o señales luminosas
- d) Letreros o señalamiento vertical
- e) Señales electrónicas

INDICADORES Y DISPOSITIVOS DE SEÑALIZACIÓN

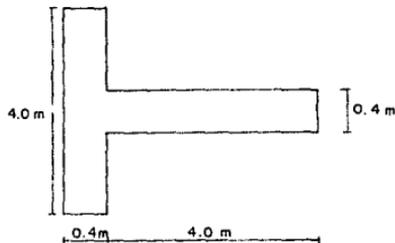
Los indicadores pueden ser de dos tipos:

a) Indicadores de la dirección del viento

Son indicadores que señalan la dirección del viento y da una idea general de su velocidad. Consiste en conos truncados hechos de tela de colores contrastantes con el medio para poder ser vistos desde una altura mínima de 300 m

b) Indicadores de la dirección de aterrizaje

Estos tienen forma de "T" y de color contrastante, ya sea blanco o anaranjado. Debe tener las siguientes dimensiones:



c) Lámpara de señales

Producen señales para poder dirigir manualmente al objetivo deseado, o bien, para poder transmitir señales en código Morse en cualquiera de sus tres colores: rojo, verde y blanco.

SEÑALAMIENTO HORIZONTAL

Proporciona información elemental por medio de marcas pintadas sobre el terreno. Esta señalización facilita las operaciones en las pistas, rodajes y plataformas.

Dentro de los tipos de señales podemos mencionar los siguientes:

1. Señal designadora de pista

Se encuentra en los umbrales de las pistas, y consiste en un número de dos cifras, y en el caso de pistas paralelas irá acompañado de una letra y cada número debe medir aproximadamente 9 m de largo por 3 m de ancho.

2. Señal de eje de pista

Se dispondrá a lo largo del eje de la pista entre las señales designadoras de pista. Consiste en una línea de trazo uniforme de 30 m de longitud y espaciamiento de 20 a 45 m. El ancho del trazo varía entre 0.30 y 0.90 m.

3. Señales de umbral

Las fajas de señal de umbral empezarán a 6 m de este; y consiste en una configuración de fajas longitudinales de dimensiones uniformes, dispuesta simétricamente a lo ancho de la pista, su longitud mínima es de 30 m y 1.80 m aproximadamente de ancho.

4. Señales de distancia fija

Se dispondrán en ambos extremos de la pista, y se comenzarán a fijar a 300 m del umbral. Consiste en dos señales rectangulares de 45 a 60 m de largo por 6 a 10 m de ancho, bien visibles y dispuestas simétricamente a cada lado del eje de pista con una separación interior de 18 a 22.5 m.

5. Señal de zona de toma de contacto

Consiste en pares de señales rectangulares, dispuestas simétricamente con respecto al eje de la pista. El número de pares esta en relación con la longitud de pista como se muestra en la siguiente tabla.

Estos pares medirán 22.5 m mínimo de largo por 1.8 m de ancho y se dispondra de ellos a partir de los 150 m después del umbral.

LONGITUD DE PISTA	PARES DE SEÑALES
menor de 900 m	1
900 m - 1 200 m	2
1 201 m - 1 500 m	3
1 501 m - 2 100 m	4
más de 2 100 m	6

6. Señal fija lateral de pista

Se dispone de dos franjas a cada lado a lo largo del borde de la pista. El ancho de esta franja varía de 0.45 m a 0.90 m según el ancho de la pista.

7. Señal de eje de calle de rodaje

Se coloca en el eje de las calles de rodaje. En caso de unión de pista esta señal se une con el eje de la pista. Su trazo es continuo y de 0.15 m de ancho.

8. Señal de punto de espera en rodaje

Se colocan en toda posición de punto de espera

9. Señal de intersección de calles de rodaje

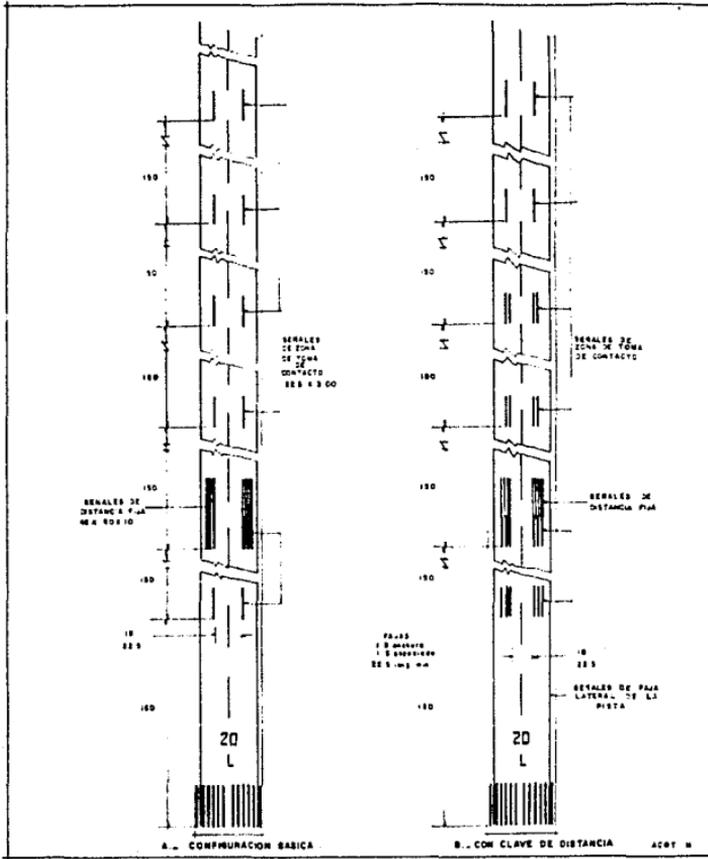
Se coloca a partir de una distancia suficiente del borde de la calle de rodaje que la cruce, para asegurar una distancia de separación segura para las aeronaves.

10. Señal de punto de verificación del VOR en el aerodromo

Se centrará sobre el lugar en que debe estacionarse una aeronave para recibir la señal de VOR correcta.

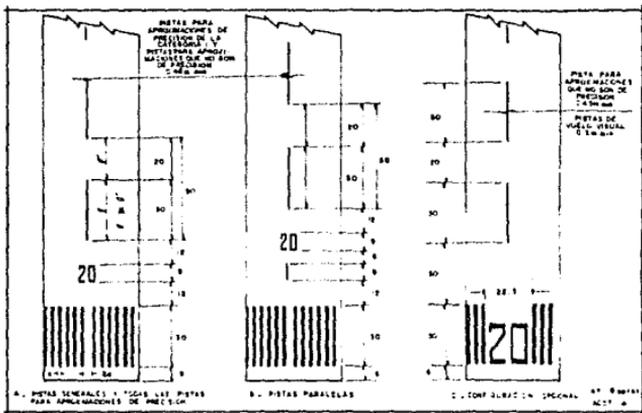
11. Señales de puesta de estacionamiento de aeronaves

Debe incluir elementos tales como identificación del puesto, lí-

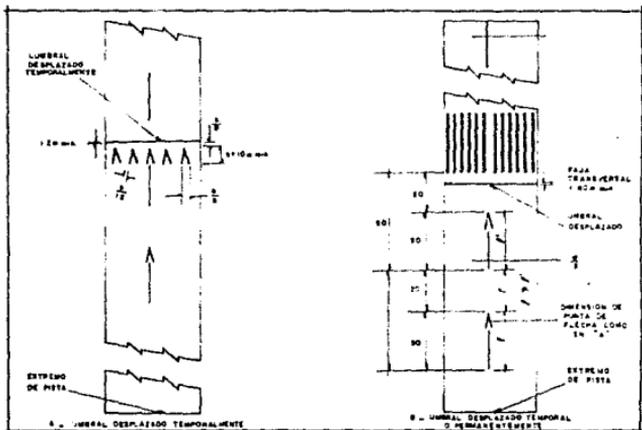


SENALES DE ZONA DE TOMA DE CONTACTO

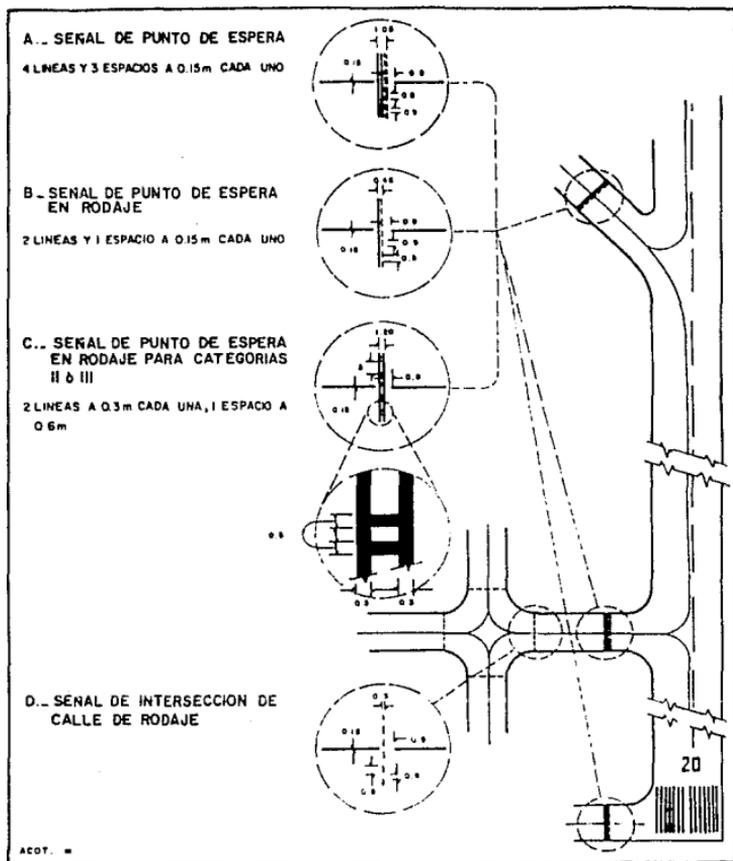
AYUDAS VISUALES PARA NAVEGACION



SENALES DE DESIGNACION DE PISTA, EJE Y UMBRAL



SENALES DE UMBRAL DESPLAZADO



SEÑALES DE CALLES DE RODAJE
(REPRESENTADAS CON SEÑALAMIENTO BASICO DE PISTA)

nea de entrada, barra de viraje, línea de viraje, barra de alineamiento, línea de parada y línea de salida, según lo requiera la configuración del estacionamiento.

12. Líneas de seguridad en las plataformas

Estas líneas definen la zona destinada al uso por parte de los vehículos terrestres y otros equipos de servicio a aeronaves, a efecto de proporcionar una separación segura con respecto a la aeronave.

SEÑALES LUMINOSAS

En operaciones nocturnas y en algunas ocasiones diversas bajo condiciones de mala visibilidad, no es suficiente la ayuda que proporcionan los señalamientos. En estos casos se utilizan dispositivos de iluminación que sirven para facilitar las operaciones de aproximación, así como el movimiento de los aviones cuando se encuentran en tierra.

Los sistemas de iluminación localizados en el aeropuerto pueden ser:

1. Iluminación de emergencia

Se instalan por lo menos en la pista primaria en caso de falla del sistema normal de iluminación.

2. Faro de aerodrómo

Se instala para localizar el aerodrómo, mediante destellos alternados de color blanco.

3. Faro de identificación

Se coloca dentro del aerodrómo y esta destinado a utilizarse de noche. Emite una luz de color verde.

4. Sistema de iluminación de aproximación

Su propósito es permitir que el piloto pueda hacer correcciones menores de elevación y descenso durante su trayectoria de aproximación, con objeto de asegurar un aterrizaje seguro.

Basicamente proporciona información direccional del plano horizontal y de distancia del umbral.

Entre los principales sistemas reconocidos por la OACI se encuentran:

- a) Sistema sencillo de iluminación de aproximación
- b) Sistema de iluminación de aproximación de precisión de Categoría I, II y III.

5. Sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación

Se instalan para facilitar la aproximación a una pista, y se justifican cuando:

- a) El piloto tiene dificultades para evaluar la aproximación.
- b) Existen objetos en el área de aproximación que pueden ser peligrosos si un avión desciende por debajo de la trayectoria normal de aproximación.
- c) Las características físicas del terreno en los extremos de las pistas constituyan un peligro grave en el caso de aterrizaje corto o demasiado largo.

Los sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación consisten en sistemas de luces que de acuerdo a la inclinación del avión en el momento de aproximarse a la pista, el piloto podrá observar un haz de luz emitido por la señal que le indicará si vuela por debajo, sobre, o en la pendiente apropiada de aproximación, de tal manera que conforme al haz emitido este pueda decidir la posición de aterrizaje más seguro, dependiendo de la altura que exista entre la vista

del piloto y las ruedas del avión cuando este en actitud de enderezamiento. Los sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación se clasifican del siguiente modo:

- a) VASIS Y AVASIS
- b) VASIS de 3 BARRAS Y AVASIS de 3 BARRAS
- c) T - VASIS Y AT - VASIS
- d) PAPI Y APAPI

Por la importancia que reviste es importante conocer más a fondo el sistema visual indicador de pendiente de aproximación, y las modificaciones que se le han hecho y se podrán en práctica en un futuro cercano.

El sistema indicador de pendiente de aproximación VASIS, fue creado hace 20 años para permitir a los pilotos efectuar la aproximación visual larga y estable que se requiere para el aterrizaje seguro de las aeronaves.

Este sistema es utilizado ampliamente, pero se ha encontrado que tiene ciertas limitaciones, por ejemplo, no proporciona guía de la calidad necesaria por debajo de los 60 m. no puede armonizar completamente con el ILS y resulta difícil de utilizar en condiciones en que el contraste de color se ve disminuído, como durante bruma o al volar contra el sol en el caso.

Para superar estos defectos y después de una serie de experimentos y pruebas, se creó el sistema PAPI.

Este sistema deberá estar implantado en todos los aeropuertos miembros de la OACI a partir de 1995.

El sistema PAPI es un sistema de ayuda visual luminosa, para ope-

ración tanto diurna como nocturna, formando por una barra de ala de cuatro elementos luminosos dobles o múltiples (dos o tres lámparas en cada gabinete). El sistema se coloca al lado izquierdo de la pista en el sentido de la aproximación, y generalmente a 300 m del umbral. Cada uno de los cuatro elementos proyectará un haz de luz dividido: blanco en la parte superior y rojo en su parte inferior.

La intensidad luminosa debe controlarse para evitar deslumbramiento al piloto.

El uso operacional del PAPI es el siguiente: una barra del ala estará construída de tal manera que el piloto al realizar la aproximación vea:

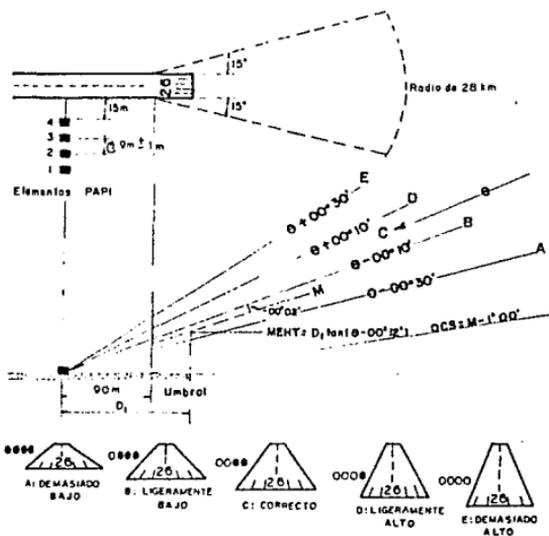
a) Rojas las dos luces más cercanas a la pista y blancas las dos más alejadas, cuando se encuentre en la pendiente de aproximación correcta.

b) Roja la luz más cercana a la pista y blancas las tres más alejadas, cuando se encuentre por encima de la pendiente de aproximación, y blancas todas las luces en posición todavía más elevada.

c) Rojas las tres luces más cercanas a la pista y blanca la más alejada que se encuentre por debajo de la pendiente de aproximación, y rojas, todas las luces en posición todavía más baja.

Observando la figura siguiente puede entenderse mejor el funcionamiento de este sistema, que al ponerse en práctica proporcionará mayor seguridad a las operaciones de aproximación y aterrizaje de aeronaves.

Se recomienda que en todos los proyectos que se hayan realizado después de 1985, consideren la instalación del sistema PAPI, para evitar gastos innecesarios posteriores.



0 Luz roja
 O Luz blanca

D_1 Distancia de los elementos PAPI con respecto al umbral (≈ 300 m)

- B Ángulo nominal de aproximación, normalmente 3° [Anexo 14]
 M Ángulo de referencia para determinar el MEHT: $(0-00^\circ 10') - 00^\circ 02'$

MEHT Altura mínima de los ojos del piloto sobre el umbral: $D_1 \tan M$

OCS Superficie de franqueamiento de obstáculos: $M - 1^\circ 00'$

Disposición de los elementos del PAPI

6. Luces de guía para el vuelo en circuito

Permiten identificar la pista o el área de aproximación a las aeronaves que transitan en circuito, de manera que nunca pierda la posición y dirección de la pista.

7. Sistema de luces de entrada a la pista

Esta integrado por un grupo de luces dispuestas de manera que delimiten la trayectoria de aproximación a la entrada de la pista.

8. Luces de identificación de umbral de pista

Se utilizan cuando es necesario hacer más perceptible el umbral o en caso de no poder proveer de ayudas luminosas de aproximación. Estas luces sólo son visibles en la dirección de la aproximación a la pista y se encuentran colocadas simétricamente con respecto al eje de pista a 10 m de las líneas de borde de pista. Se identifican por medio de destellos de color blanco.

9. Luces de borde de pista

Se utilizan en pistas con operaciones nocturnas, se colocan a lo largo de toda la pista.

10. Luces de umbral de pista

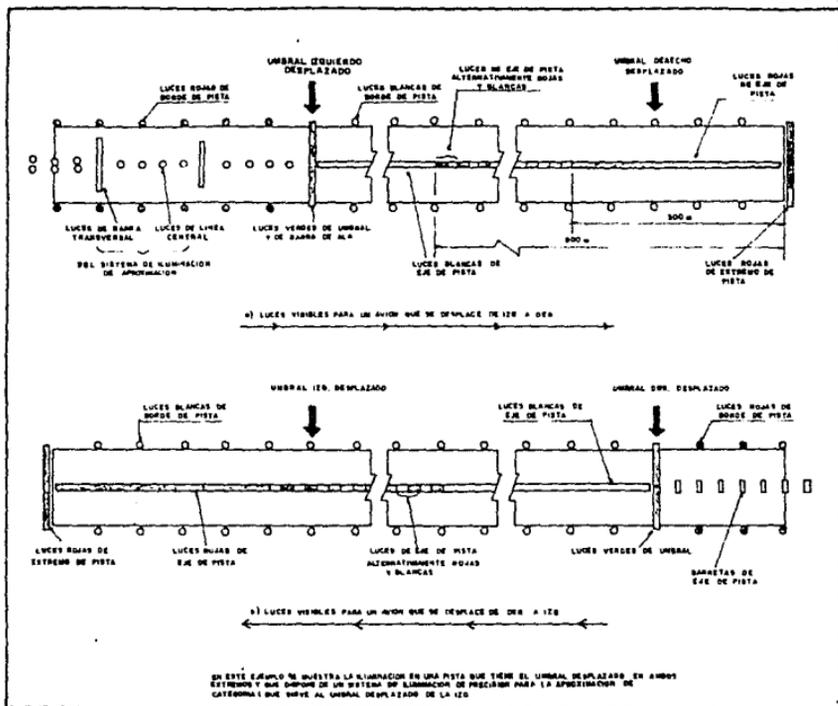
Se instalan cuando existen luces de borde de pista, se disponen las luces en fila perpendicular al eje de la pista, lo más cerca a cada extremo de la pista. Son luces de color verde.

11. Luces de extremo de pista

Se instalan en pistas dotadas de luces de bordes de pista y se colocan en línea perpendicular al eje de pista, tan cerca como sea posible del extremo de pista. Las luces son de color rojo.

12. Luces de ejes de pistas

Se instalan en pistas utilizadas por aviones de velocidad de aterrizaje y despegue elevada. Se disponen a lo largo del eje de pista



desde el umbral hasta el extremo de esta. Los colores van variando con respecto a la proximidad al umbral.

13. Luces de zona de toma de contacto de pista

Se colocaran desde el umbral hasta una distancia de 900 m aproximadamente, sin llegar nunca al centro de la pista.

14. Luces de zona de parada

Se instalan a lo largo de la zona de parada mediante dos filas paralelas. son luces rojas visibles en la dirección de la pista.

15. Luces de eje de calle de rodaje

Se instalan en pistas con alcance visual inferior a 100 m, y se colocan sobre el eje de la calle de rodaje.

16. Luces de borde de calle de rodaje

Se instalan en apartaderos de espera, plataformas, etc., se instalan tan cerca como sea posible de los bordes de la calle de rodaje, apartaderos de espera, plataformas, etc. Son luces fijas de color azul.

17. Sistema de guía para el rodaje

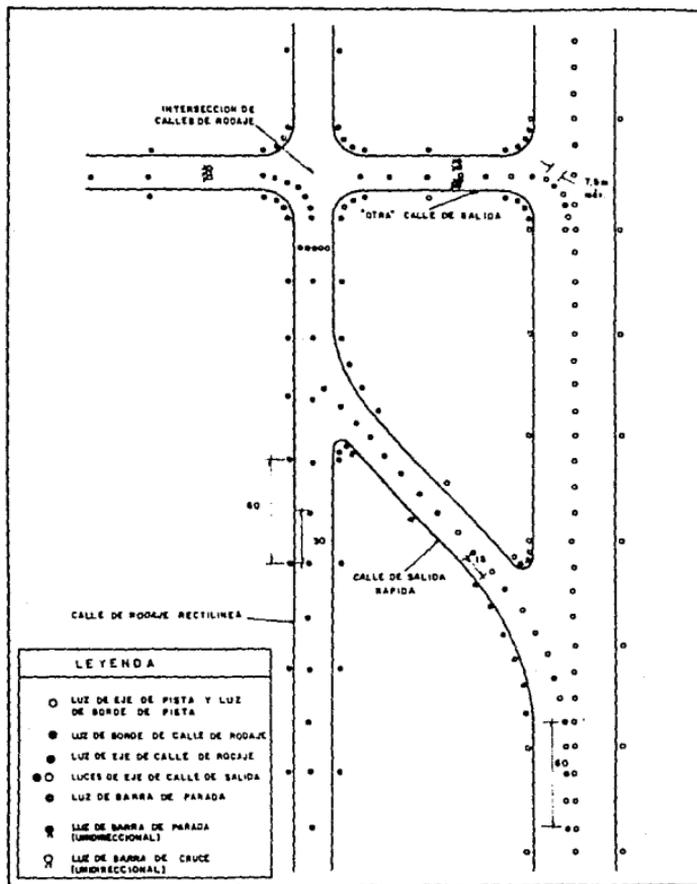
Se disponen conforme al volumen de tránsito aéreo.

18. Barras de parada

Se instalan en las intersecciones de calles de rodaje o puntos de espera, en caso de mala visibilidad y proporcionan control de tránsito por medios visuales. Cuentan con un circuito eléctrico concebido de modo que se puedan encender las luces rojas para detener el tránsito y se apaguen para indicar que el tránsito tiene vía libre.

19. Barra de cruce

Se colocan en intersecciones de calles de rodaje cuando se desea definir correctamente el límite de espera de los aviones. Son luces amarillas dispuestas en ambos lados del eje de calle de rodaje.



ILUMINACION DE CALLES DE RODAJE

20. Luces de punto de espera

Se colocan en puntos tan cerca como sea posible de los bordes de la calle de rodaje.

21. Iluminación de plataforma con proyectores

Deben instalarse de manera que suministren iluminación adecuada en todas las áreas de servicio de plataforma.

22. Sistema visual de guía de atraque

Se instalan con la intención de indicar, por medio de ayuda visual la posición exacta de una aeronave en un puesto de estacionamiento.

23. Luces de guía para maniobras en los puestos de estacionamientos de aeronaves

Facilitan las maniobras en los puestos de estacionamientos de aeronaves.

SEÑALAMIENTO VERTICAL O LETREROS

Los letreros se instalan para suministrar información a los pilotos. Los letreros deberán colocarse tan cerca del borde del pavimento como su construcción lo permita, a fin de que sean visibles al piloto.

Los letreros son ligeros y se montan sobre soportes frágiles. Los que estén situados cerca de una pista o de una calle de rodaje deberán ser lo suficientemente bajos como para conservar la distancia que guarda respecto a las hélices y reactores.

Existen diferentes tipos de letreros, los cuales se mencionan a continuación:

1. Letreros con instrucciones obligatorias

Se utilizan cuando se requiere indicar instrucciones que se deben llevar a cabo. Comprenden letreros de parada, de prohibida la entrada, de punto de espera y de intersección de calle de rodaje-pista.

Se colocará por lo menos un letrero de parada en el lado izquierdo de la calle de rodaje, frente al lugar donde se pretende se detenga la aeronave.

Los letreros de prohibida la entrada se colocan al comienzo del área a la cual se prohíbe la entrada.

Los letreros de punto de espera se instalarán a cada lado de la señal de punto de espera, frente a la dirección de aproximación hacia el área crítica.

2. Letreros de información

Se utilizan cuando se trata de indicar un emplazamiento o destino específico en un área de movimiento, o suministrar otra información. Por ejemplo en el caso del punto de verificación del VOR, se indica mediante señal y letrero.

Los letreros que indiquen emplazamiento de calle de rodaje se ubican de lado izquierdo. En las intersecciones de una calle de rodaje con otra calle de rodaje el letrero deberá colocarse antes de la intersección.

Un letrero que indique destino debe colocarse del lado hacia donde se dirija la dirección.

3. Señales de identificación de aerodrómo

Debe colocarse de modo que pueda distinguirse desde todos los ángulos sobre la horizontal. Esta señal consiste en el nombre del mis-

mo aeropuerto.

4. Letreros de identificación de los puestos de estacionamiento

Deben colocarse de tal manera que sea visible desde el puesto de pilotaje de la aeronave antes de entrar en dicho puesto, y deben ser complementarias a las señales de identificación de los puestos de estacionamiento.

SEÑALES ELECTRONICAS O EQUIPO DE AYUDA A LA NAVEGACION

Se refieren a los equipos a prever en los aeropuertos para permitir el funcionamiento en condiciones de vuelo por instrumentos. Su instalación depende de las condiciones de visibilidad tanto horizontales como verticales, así como de los itinerarios de llegada y salida y de los obstáculos que pueden generar esas operaciones de aproximación, aterrizaje y despegue.

Los equipos standard que pueden encontrarse en un aeropuerto son los siguientes:

1. VOR (Very high frequency Omnidirectional Radio)

Generalmente implantado en los aeropuertos y sirve para basar los procedimientos de llegada y de salida del aeropuerto, así como medio de guía para la aproximación, en caso de carencia o de avería de otros medios (ILS, LOCATOR).

Por otra parte, tratándose de un medio de navegación en ruta, es necesario considerar también el interés que puede procurar para el acondicionamiento de la red de rutas aéreas de la región.

Según se utilice únicamente o no para las necesidades del aeropuerto, el VOR podrá constituir un medio de reducido alcance radio-

electrónico T - VOR o de largo alcance.

El VOR o radio faro omnidireccional es un sistema primario de navegación por instrumentos, porque proporciona al piloto una detallada y precisa representación de la posición de la aeronave por medio de unos instrumentos fácilmente interpretables, o sea, proporciona mediante señales radiales la trayectoria o rumbo de vuelo, y de esta manera compararla o verificarla con la trayectoria elegida de vuelo.

2. DME (Distance Measuring Equipment)

Asociado al VOR, éste equipo complementa la información de posición en azimut que suministra el VOR, completandolo con una información de distancia.

Para determinar esta distancia, un equipo de a bordo transmite una pulsación de interrogación que es recibido por la estación terrestre, la cual contesta con una respuesta pulsada. El equipo de a bordo mide el tiempo entre la interrogación y la respuesta; considerando que este intervalo es proporcional a la distancia entre el avión y la estación.

Es útil sobre todo en la navegación en ruta, puede resultar práctico para la aproximación, para materializar puntos radio-balizados que sirven de socorro a otras ayudas (LOCATOR), o bien para definir en forma más precisa los recorridos destinados a evitar obstáculos.

3. ILS (Instruments Landing Sistem)

El ILS es un sistema de aproximación de precisión concebido para hacer posibles aterrizajes que en ciertas condiciones restringidas de techo y visibilidad serían imposibles con otras radioayudas. Para lograr este resultado, el ILS proporciona una información extremadamente exacta

sobre la alineación y el descenso con respecto a un haz y a la trayectoria de planeo durante la aproximación a la pista.

Se considera que debe ser obligatorio si se desea realizar aproximaciones de precisión; tomando en cuenta que su nivel de rendimiento depende del tipo de aproximación completada.

4. LOCATOR

se coloca a una distancia de 4 a 10 millas náuticas en el eje de la pista. Materializa el punto de comienzo de aproximación final. Es utilizado para alcanzar el haz de ILS, pero puede servir también como medio de penetración cuando no hay ILS o cuando no está funcionando.

2.7. PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Para concluir el tema de proyecto aeroportuario, falta integrar todos los elementos que lo conforman dentro del proyecto arquitectónico, el cual nos define las áreas necesarias y mínimas a utilizar en el aeropuerto de acuerdo a la demanda de pasajeros y operaciones que se prevean. Pero este dimensionamiento se debe hacer por etapas, en un rango aproximado de 20 años para su desarrollo total. De tal manera que se adapten las necesidades presentes y futuras del aeropuerto.

Para esto es importante conocer los factores que propician el crecimiento de las operaciones y de los pasajeros, como son:

a) Crecimiento de la población a la que sirve, debido al aumento de comercio, turismo, comunicación o transporte.

b) Impacto del aeropuerto en la zona y en el país.

El resultado de estos factores refleja cambios en el movimiento aeroportuario, por lo que será necesario hacer cambios, como aumentar áreas de servicio o de pasajeros, cambios de equipo de vuelo y de control, entre otras.

Por lo tanto, en el proyecto arquitectónico deben considerarse ciertos puntos, para poder realizar un crecimiento armónico, y que no afecte en su funcionalidad hasta el período de servicio contemplado. Estos puntos se resumen de la siguiente manera:

a) Analizar los principales sistemas y soluciones existentes, que puedan satisfacer las necesidades de operación, funcionamiento e imagen, evaluando las ventajas y desventajas que cada solución pueda presentar.

b) Diseñar considerando la evolución del aeropuerto, para lo cual se debe prever los crecimientos por etapas constructivas y por inver-

Sión programada, para el horizonte en que se tenga planeado su máximo desarrollo (20 años, generalmente).

c) Proyectar las instalaciones con imagen adecuada, sin que pierda su funcionalidad y resulte estético, debido a que muchos aeropuertos con puertas de entrada al país.

En un principio, en la etapa de puesta en servicio el aeropuerto debe contar con ciertas instalaciones básicas, para su adecuado funcionamiento, a partir de las cuales se planea su desarrollo. Dentro de este capítulo se mencionan algunas características relacionadas a estas instalaciones como son: Edificio terminal, Edificio técnico-Torre de control, CREI, Zona de mantenimiento y Aviación general.

2.7.1. 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 será 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 se 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 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:

a) La acera exterior

Es el elemento que permite trasladar a las personas o salen del circuito, entre éste y un medio de transporte.

b) 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.

c) Parte de enlace del edificio

Es el elemento al que sólo 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 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 Cd. 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 lo que se refiere a cada tipo de usuarios. Los cuales siguen generalmente un mismo recorrido, el cual se muestra en la figura correspondiente.

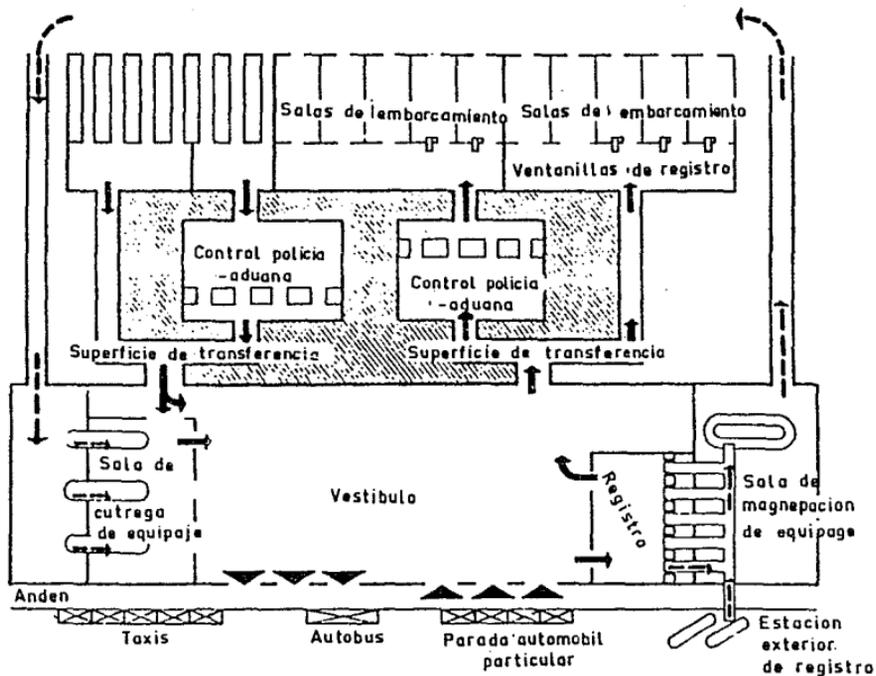
Agrupando todos los elementos que forman parte del edificio terminal, ya mencionados anteriormente (partes del edificio terminal,

Zona de
trafico

Elementos de conexi3n

Edificio principal

Anden



EDIFICIO TERMINAL: CIRCULACION

usuarios y recorridos), es posible determinar la forma y las áreas requeridas para el edificio terminal.

Un método para dimensionar el edificio está basado en coeficientes, los cuales se aplican al tránsito en la hora crítica, obteniendo de esta manera las superficies del aeropuerto.

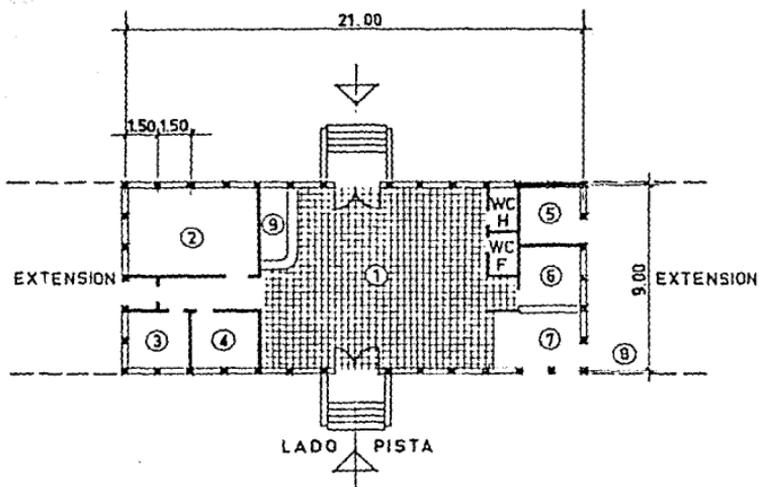
A continuación se presentan algunos de estos coeficientes:

-Superficies de tráfico

Hall público de salida	1.5 m ² /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 m ² /asiento de avión
Sala de embarque internacional	1.1 m ² /asiento de avión
Hall de tránsito internacional	1.5 a 2 m ² /persona
Sala de llegada internacional	1/3 m ² /persona
Sala de entrega de equipaje	1.5 m ² /persona
Hall público de llegada	1.5 m ² /persona

Con el fin de sintetizar los distintos elementos descriptivos y dimensionales expuestos antes, a continuación se presentan algunos planos tipos de terminales aplicables a distintas categorías de aeropuerto. Las cuales son únicamente una referencia de las zonas a emplear, más no significa que se tenga que realizar de esa manera.

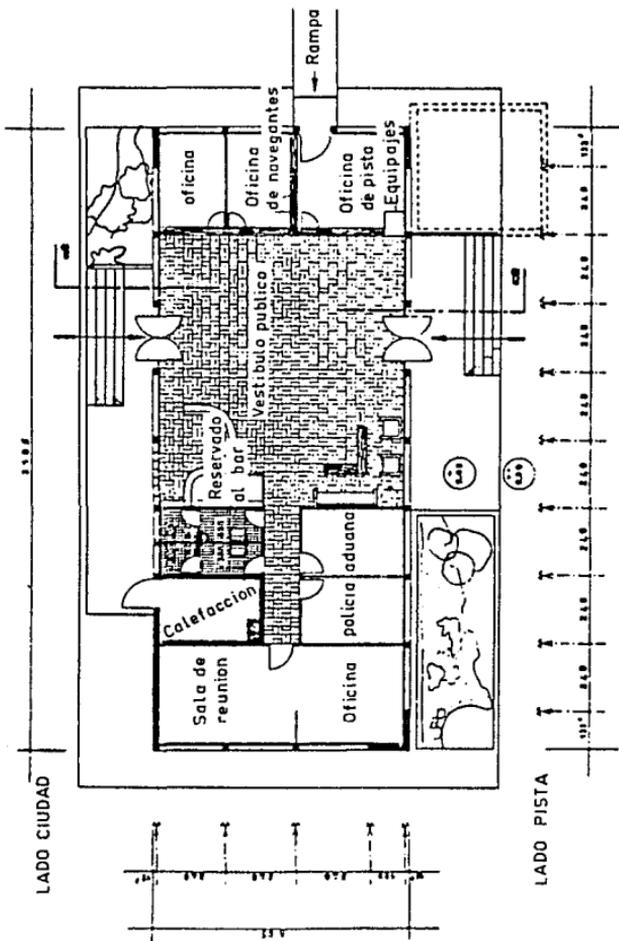
271
 AERODROMO CLASE 1 y 2



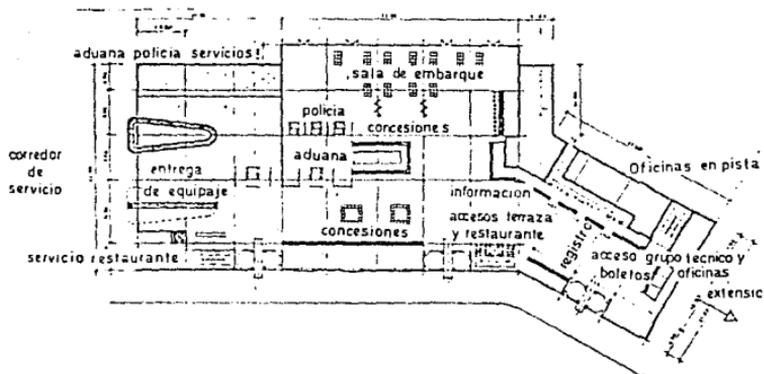
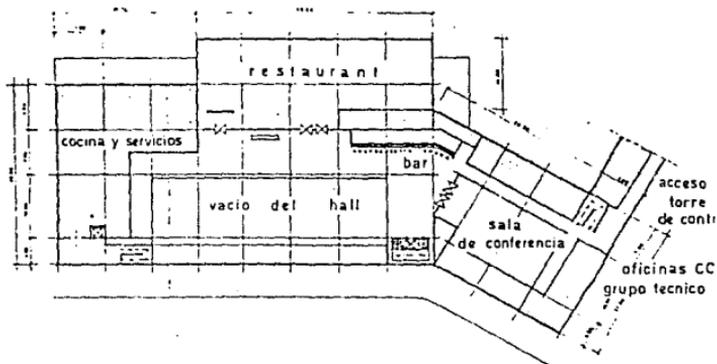
- 1 _ Hall publico
- 2 _ Conferencias
- 3 _ Policia
- 4 _ Aduana
- 5 _ Calefaccion

- 6 _ Personal de vuelo
- 7 _ Oficina de pista
- 8 _ Equipaje
- 9 _ Bar

272
EDIFICIO TERMINAL (Clase 3)
 Trafico anual pax < 100,000



273
EDIFICIO TERMINAL (clase 4)
 Trafico anual pax 300,000 a1000,000

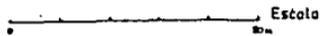
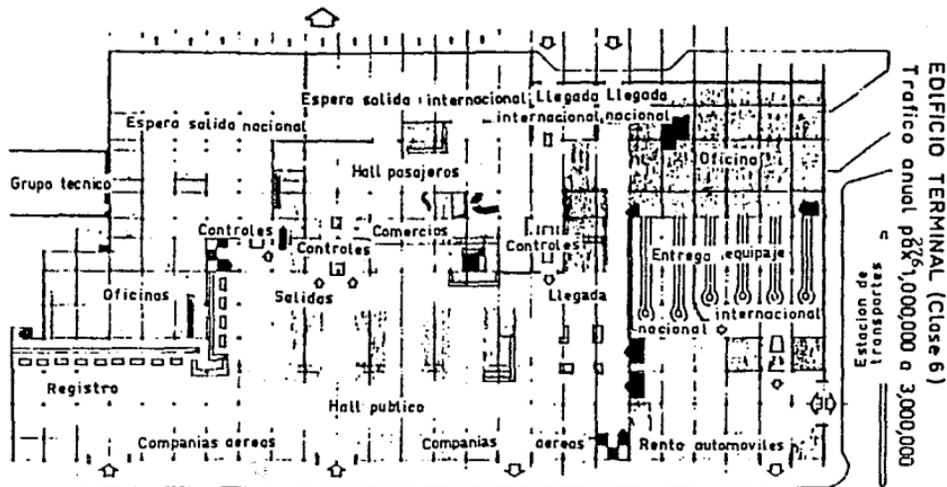


EDIFICIO TERMINAL

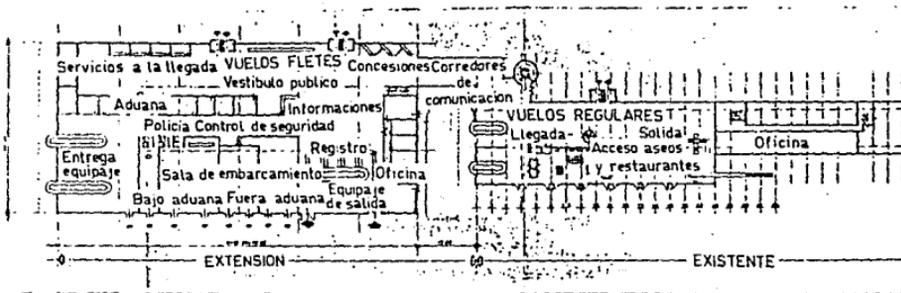
LADO PISTA

NIZA

ESTADO 1978 2700000 pasajeros anuales



LADO CIUDAD



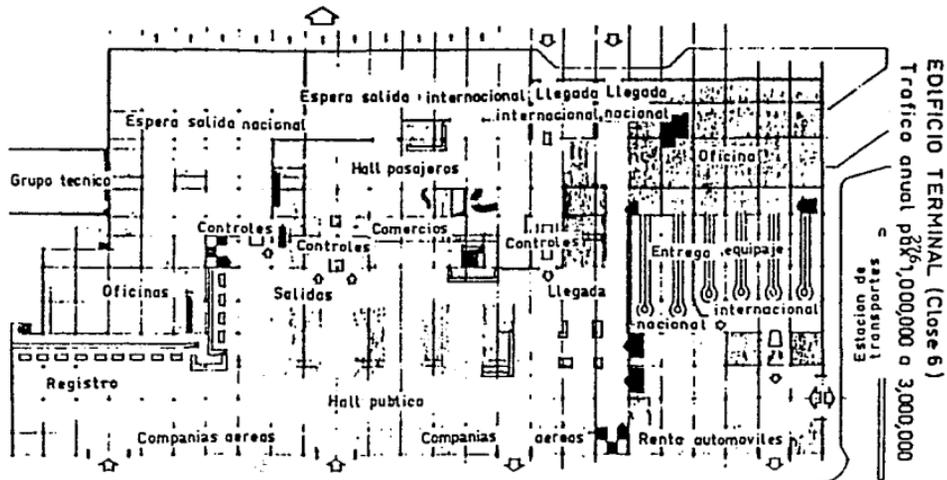
Edificio terminal (Clase 5)
 Trafico anual 700 000 pax 300 000 a 1 000 000

EDIFICIO TERMINAL

LADO PISTA

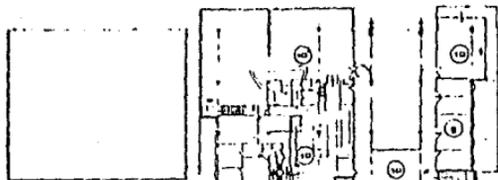
NIZA

ESTADO 1978 2700000 pasajeros anuales



EDIFICIO TERMINAL (Clase 6)
Tráfico anual 2700,000,000 a 3,000,000

LADO CIUDAD

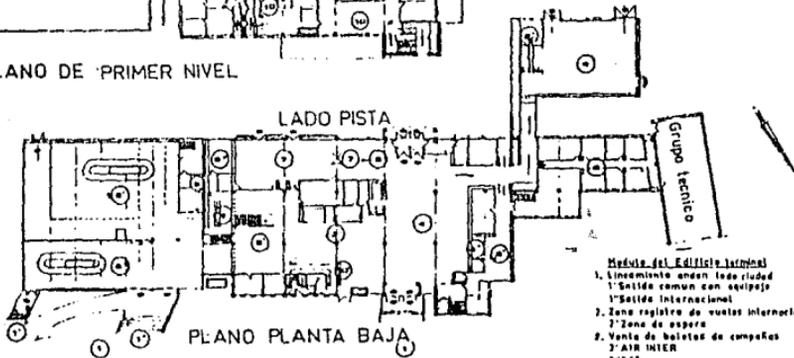


PLANO DE PRIMER NIVEL

EDIFICIO TERMINAL

NANTES CHATEAU BOUGON

ESTADO 1979 370 000 pasajeros anuales



PLANO PLANTA BAJA



PLANO SOTANO

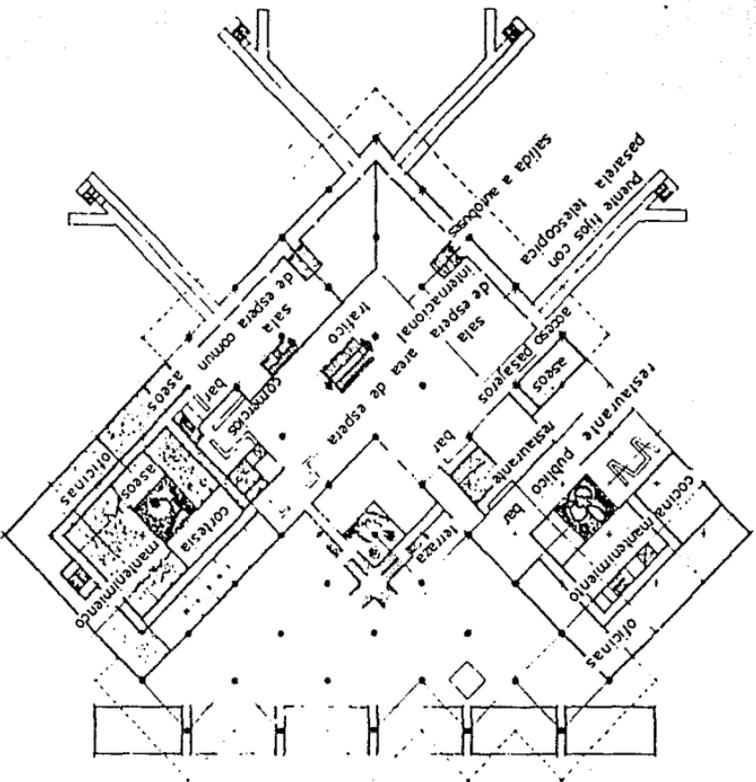
Escala:

Medios del Edificio Terminal

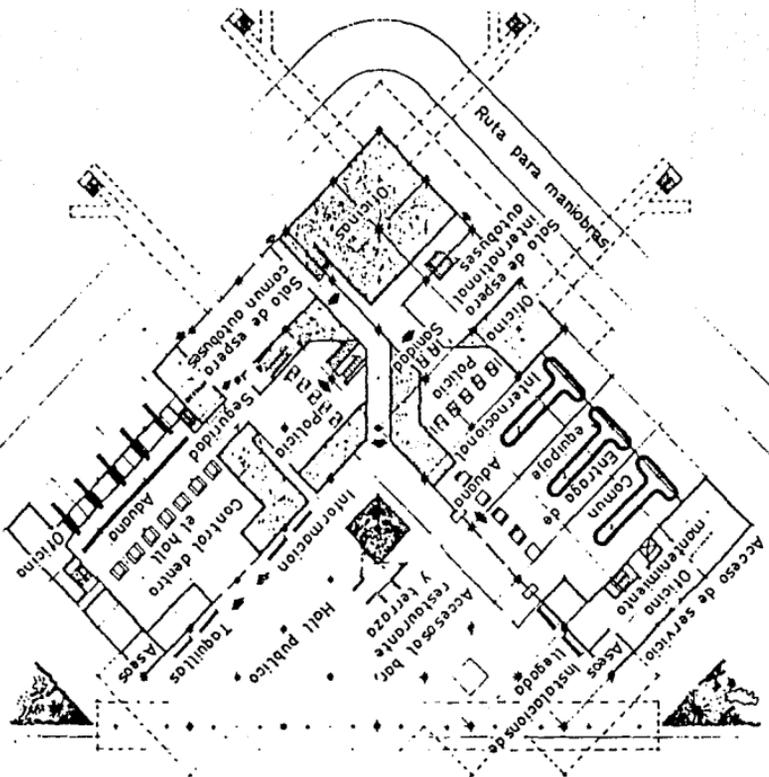
1. Lineamiento amen todo ciudad
- 1' Salida comun con equipaje
- 1'' Salida Internacional
2. Zona registro de vuelos internacionales
- 2' Zona de espera
- 2'' Vento de billetes de cometas
- 3' AIR INIER
- 3'' TAT
4. Hall publico
5. Salas de entrega equipaje
- 5' clasificacion equipaje
- 5'' bajo aduana
- 5''' fuera aduana
6. Clasificacion equipaje salidas
- 6' Comun
- 6'' Internacional
7. Zona de salidas internacionales
8. Zona de salidas comunet
- 8' Sanitarias
9. Oficinas
10. Cameritas
- 10' Bar
- 10'' Restaurant

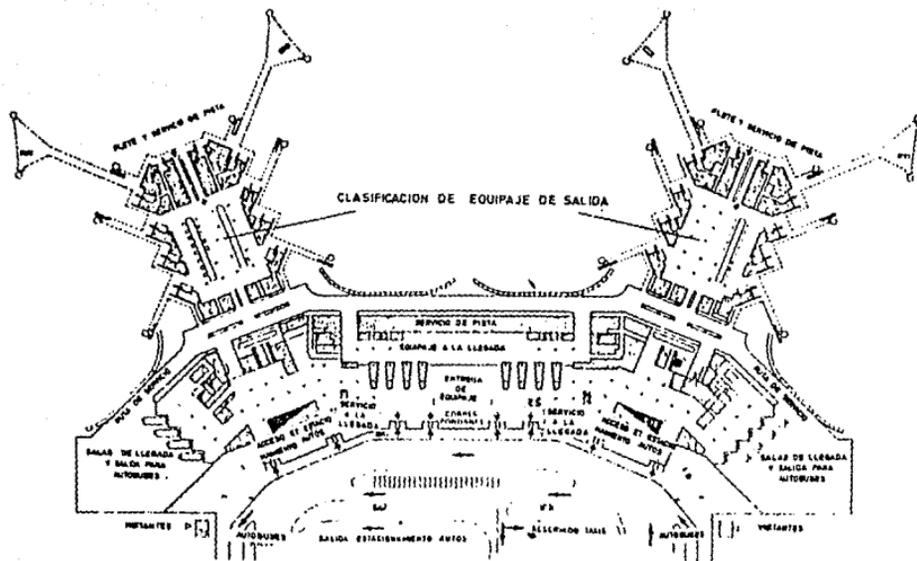
EDIFICIO TERMINAL (Clase 5)
 Trafico anual: 293 100,000 o 300,000

EDIFICIO TERMINAL (clase 6)
Tráfico anual 777 pax 1,000 000 a 3,000 000
(primer piso)

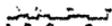


EDIFICIO TERMINAL (Clase 6)
 278
 Trafico anual pax 1,000,000 a 3,000,000
 (Nivel pasajeros)





PLANTA BAJA
NIVEL LLEGADA

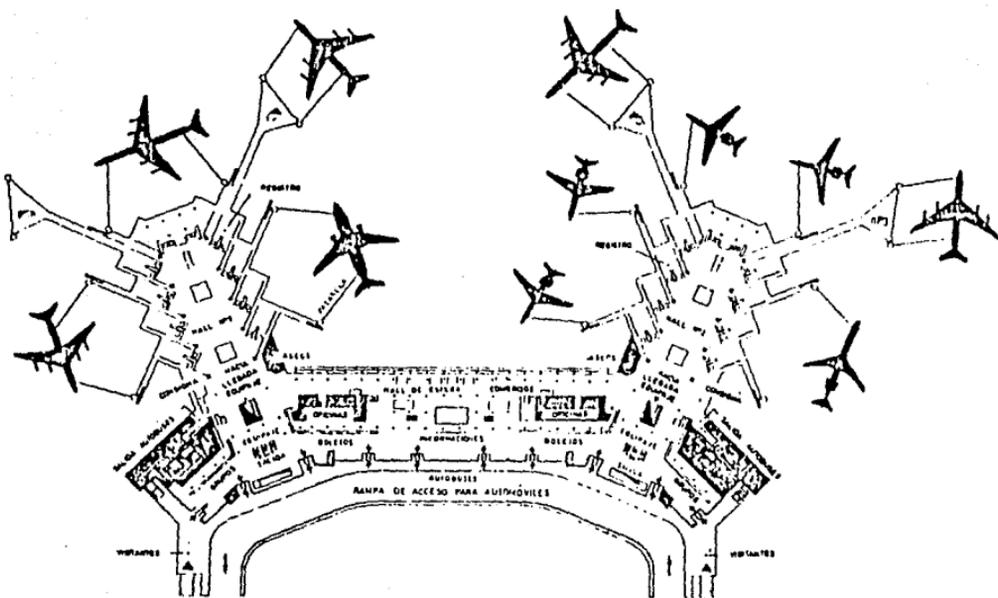


La planta está en escala de 1:500 y tiene por función recibir
la llegada de pasajeros.

Esta zona de llegada comprende:

- salas de llegada y salida por autobuses
- salas de entrega de maletas
- locales para los servicios de pista
- estacionamiento correspondiente

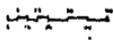
EDIFICIO TERMINAL (clase 7)
Tráfico anual > 3.000.000 pax



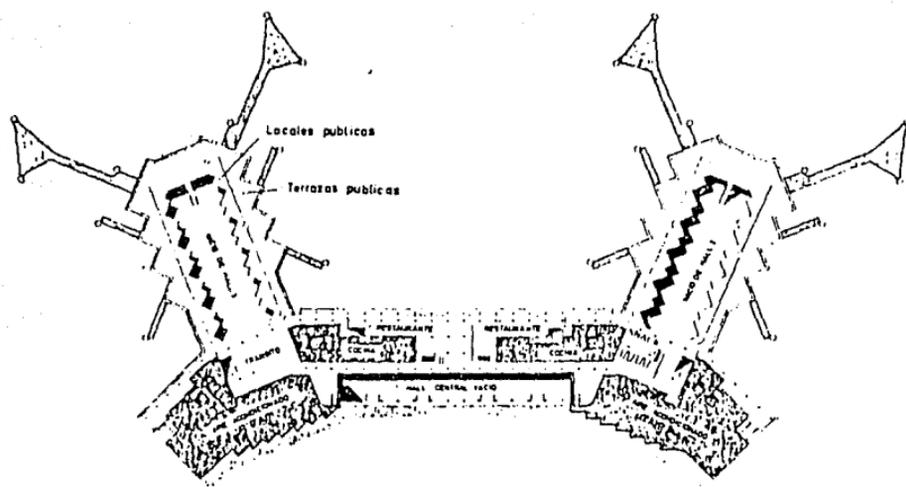
EDIFICIO TERMINAL (close 7)
 Trafico anual > 3.000.000 pax

280

PRIMO PISO
 NIVEL DE SALIDA



El primer piso se encuentra a los 50 m y es el nivel de "Salida".
 Este nivel comprende la gamma de salidas, zona para espera inmediata
 del primer nivel y un nivel para salir, las maletas de una maleta
 y unido de billetes los temas de registro de pasajeros las oficinas
 de despacho de pasajeros y las oficinas administrativas.
 La gamma de "salidas" de hall se continua naturalmente por
 medio de pasillos para abandonar con pasajeros convenientes a nivel
 salidas para permitir con ellos el nivel mismo de pasajeros a los
 aviones bajo el abrigo de la terminal y un cambio de nivel



2° PISO
RESTAURANTES Y TERRAZA

El 2º piso tiene un área de 8.900 m² de superficie construida como el nivel de restauración y las instalaciones de mantenimiento.

Comprendiendo:

- Los restaurantes orientados con una vista hacia la plataforma y hacia la plaza de buses.
- Comedor.
- El pórtico para recibir a través del pasillo que rodea todo hall.

EDIFICIO TERMINAL (clase 7)
 Trafico anual > 3.000.000 pax
 281

2.7.2. ZONA DE MANTENIMIENTO

La zona de mantenimiento debe incluir talleres, almacenes, hangarrea, áreas de estacionamiento, así como zonas para el personal que labore en ellos.

Los hangares deben ser de dimensiones tales que puedan recibir a los aviones futuros y poder maniobrar adecuadamente en la zona.

La zona de mantenimiento debe estar alejada de las aglomeraciones exteriores del aeropuerto, y cerca de las pistas, tomando en cuenta el ruido que este provoca y la distancia de rodaje en tierra de los aviones entre las zonas de pasajeros y las zonas de mantenimiento. También hay que considerar para la localización de esta zona, que tiene un carácter industrial que puede perjudicar el aspecto arquitectónico de las instalaciones comerciales.

La superficie total de la zona no depende de la cantidad de aviones con que cuente la compañía, sino depende directamente del tipo de mantenimiento efectuado.

La superficie puede estar descompuesta en razón de los siguientes porcentajes.

- 15% para los hangares
- 20% para otros edificios
- 40% para áreas de estacionamiento exterior y de maniobras
- 15% para las zonas de estacionamiento de vehículos de personal
- 10% para vialidad y espacios verdes

Estos porcentajes pueden variar de acuerdo a la política de las compañías. El área se puede establecer conforme a la requerida según el tipo de mantenimiento establecido en el manual del constructor del avión.

2.7.3. EDIFICIO TECNICO - TORRE DE CONTROL

Esta integrado por los personales encargados del mando, del control y de la operación técnica del aeropuerto.

El edificio técnico debe contar con áreas destinadas a:

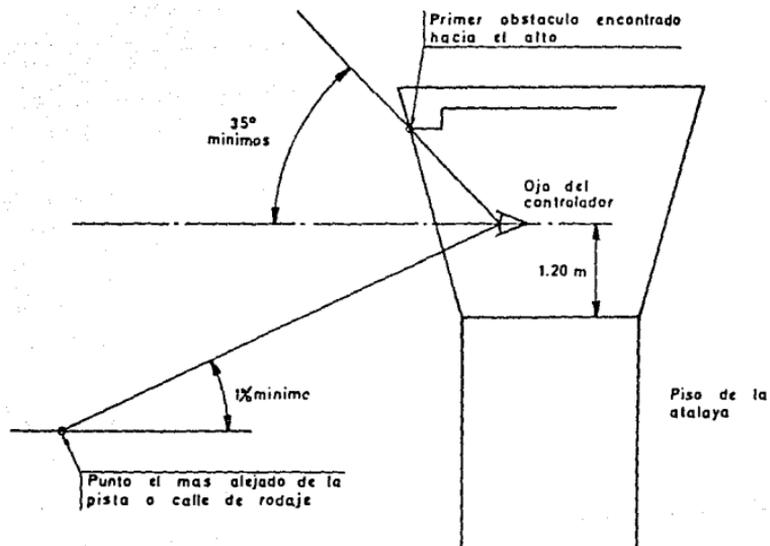
- a) Servicio meteorológico
- b) Navegación aérea
- c) Sala de personal navegante, donde los pilotos establecen su plan de vuelo.
- d) Sala de transmisión, de vigilancia y oficina de jefe de estación.
- e) Oficinas de las bases aéreas.
- f) Torre de control

La torre de control se encuentra en la parte superior del edificio, constituida por una cabina de vidrio en donde se instalan los controles aéreos. Los vidrios deben ser inclinados (15° a 20°) para facilitar la visión y evitar reflexiones parásitas.

Dentro de la torre de control se debe contar con el equipo necesario para emisión y recepción de señales visuales y por radio, para comunicarse con los aviones, para lo cual deben preverse las áreas necesarias para instalar este equipo.

La torre de control debe diseñarse de tal manera, que el controlador tenga una correcta visibilidad de los aviones en vuelo y en tierra. Para determinar la altura de la torre de control debe considerarse:

- a) La vista del observador (1.20 m del piso). Debe alcanzar el punto más alejado de la pista y calles de rodaje bajo un ángulo superior al 1 %.

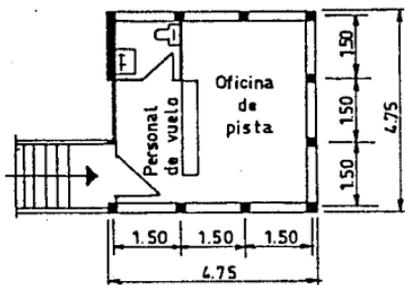
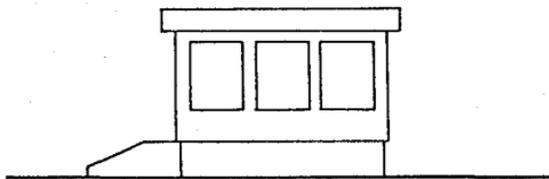


b) La visibilidad hacia lo alto debe ser tal que se observen todos los circuitos del aeropuerto. Debe ser de por lo menos de 35 %.

c) La cabina debe estar lo suficientemente elevada, de tal manera que no le estorben otros objetos la visibilidad.

A continuación se presentan algunos planos tipos con el fin de simplificar y normalizar las instalaciones. En estos planos podemos observar como van evolucionando las instalaciones de acuerdo a las necesidades de tránsito aéreo y personal. Por ejemplo, en un aeropuerto de categoría 1, el control de tránsito puede ser a nivel, y estar ubicado en el edificio técnico, pero conforme avanza este aumenta sus dimensiones y altura, y puede situarse fuera del edificio técnico.

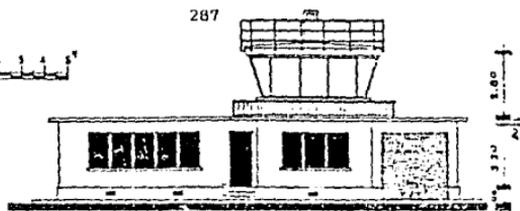
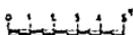
CLASE 1 AERODROMO



LADO PISTA

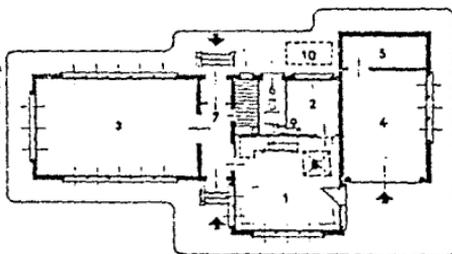
AERODROMO CLASE 2

287



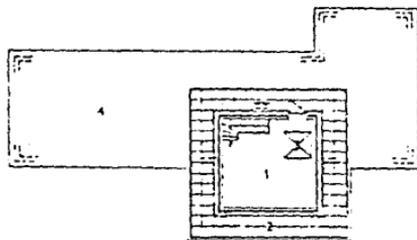
FACHADA LADO PISTA

- 1. Oficina de pista 20 m²
- 2. Local tecnico 5 m²
- 3. Meteorologia 30 m²
- 4. Garage
- 5. Almacén } 28 m²
- 6. Calefacción
- 7. Pasadizo
- 8. Escotilla 1.20 x 1.20
- 9. Ducto
- 10. Fuel oil



Lado pista
PLANTA BAJA

- 1. Vigia 4.00 x 4.00
- 2. Balcon
- 3. Escotilla 1.20 x 1.20
- 4. Terraza



PRIMER PISO

AERODROMO CLASE 3

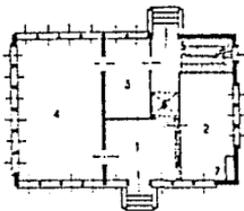
286

FACHADA Lado pista

- 1 Sala de personal de vuelo 10 m²
- 2 Jefe del aeródromo (BP Bf. BJA) 15 m²
- 3 Jefe de estación meteo 6 m²
- 4 Sala de observación y información de meteorología 26 m²
- 5 Acceso al zócano
- 6 Escotilla
- 7 Ducto de cables

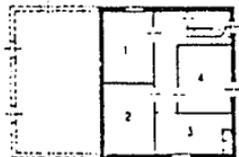


- 1 Vigia 4.00 x 4.00
- 2 Escotilla 1.20 x 1.20
- 3 Balcon

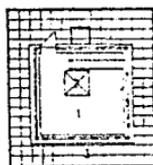


Lado pista
PLANTA BAJA

- 1 Archivos N.A
- 2 Almacén N.A
- 3 Llegada cables
- 4 Archivo meteo

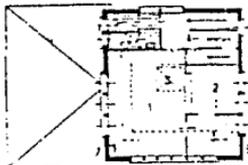


ZÓCANO



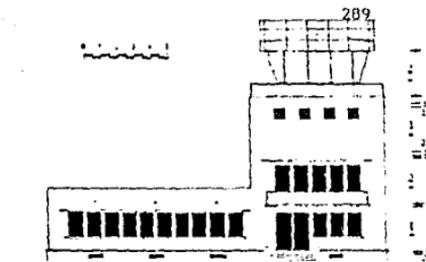
2º PISO

- 1 Sala emision reception
- 2 Sala de energía
- 3 Sala de acumuladores
- 4 Acceso vigia
- 5 Escotilla 1.20 x 1.20
- 6 Ducto llegada de cables
- 7 Ducto cables hacia la vigia



1º PISO

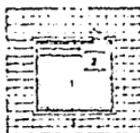
AERODROMO CLASE 3 Y 4



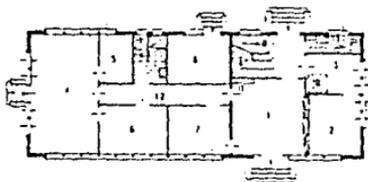
FACHADA LADO PISTA

- | | | |
|---|---|---------------------------------|
| 1. SALA DE NAVEGANTES 20 m ² | 7. JEFE DE ESTACION METEO 12 m ² | 1. SALA EMISION, RECEPCION |
| 2. R.P. BI. BLA. 15 m ² | 8. OFICINA DE GENDARMERIA 10 m ² | 2. SALA ENERGIA |
| 3. MANTENIMIENTO TELEGRAFICO 8 m ² | 9. ACCESO A ZOTANO | 1. SALA DE ACUMULADORES |
| 4. OBSERVACIONES Y INFORMACIONES METEOROLOGICAS RADAR METEO 30 m ² | 10. ESCOTILLA | 4. ACCESO VIGIA |
| 5. SALA PARA INSTRUMENTOS 6 m ² | 11. DUCTO CABLES | 5. ESCOTILLA |
| 6. TRANSMISIONES METEOROLOGICAS 12 m ² | 12. PASILLO | 6. DUCTO LLEGADA CABLES |
| | | 7. DUCTO, CABLES HACIA EL VIGIA |

1. VIGIA
2. ESCOTILLA
3. BALCON



3^{er} PISO



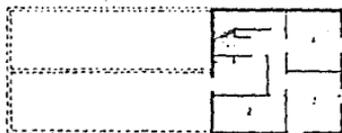
LADO PISTA
PLANTA BAJA

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| 1. LLEGADA CABLES | 3. ARCHIVOS N.A. |
| 2. REPARTIDOR Y AUTOCOMUTADOR | 4. ARCHIVOS METEO |



2^{er} PISO

1. COMANDANTE AERODROMO 15 m²
2. COMANDANTE ADJUNTO O SALA CONFERENCIA 13 m²
3. OFICINA DE SECRETARIA 10 m²
4. ESCOTILLA
5. DUCTO CABLES
6. BALCON

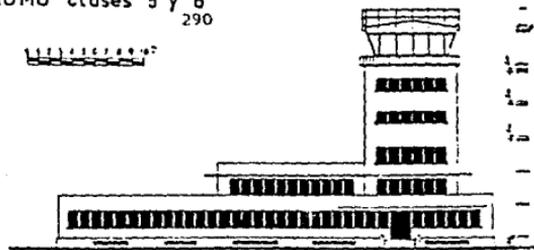


ZOTANO



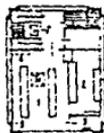
PRIMER PISO

AERODROMO clases 5 y 6
290



FACHADA LADO PISTA

1. Sala de embarque
2. Energía y repartición
3. Sala de acumuladores
4. Ducto llegada cables
5. Ducto cables hasta el vigia
6. Escalilla
7. Elevador



3° piso

1. Sala de andar de aproximación
2. Sala climatización
3. Vestuarios
4. Ducto cables
5. Escalilla
6. Elevador
7. Acceso vigia



4° piso

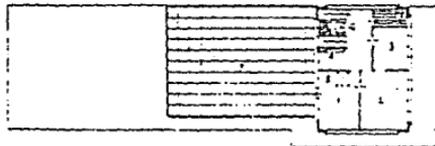
1. Vigia
2. Escalilla
3. Balcon
4. Local parque elevador



5° piso

1. Jefe del destacamento de Gendarmaria
2. Oficina
3. Oficina
4. Ducto cables
5. Escalilla
6. Elevador
7. Terraza

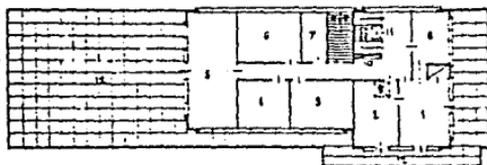
15 m²



2° piso

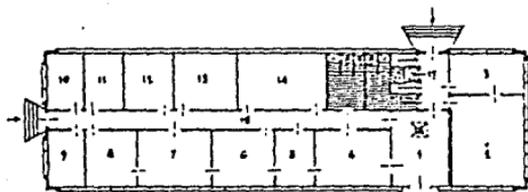
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50

291



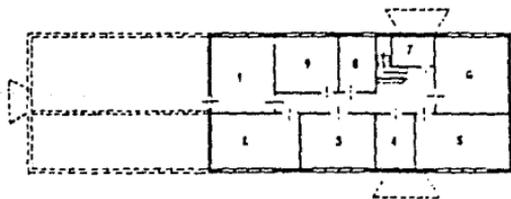
1er PISO

1. Comandante serótomo	25 m ²
2. Comandante adjunto	20 m ²
3. Jefe de telecomunicaciones	35 m ²
4. Jefe de edificio de mantenimiento	
5. Sala de conferencias	25 m ²
6. Administración - Contabilidad	40 m ²
7. Archivos	
8. Secretaría	
9. Escotilla	
10. Ducto	
11. Elevador	
12. Terraza	



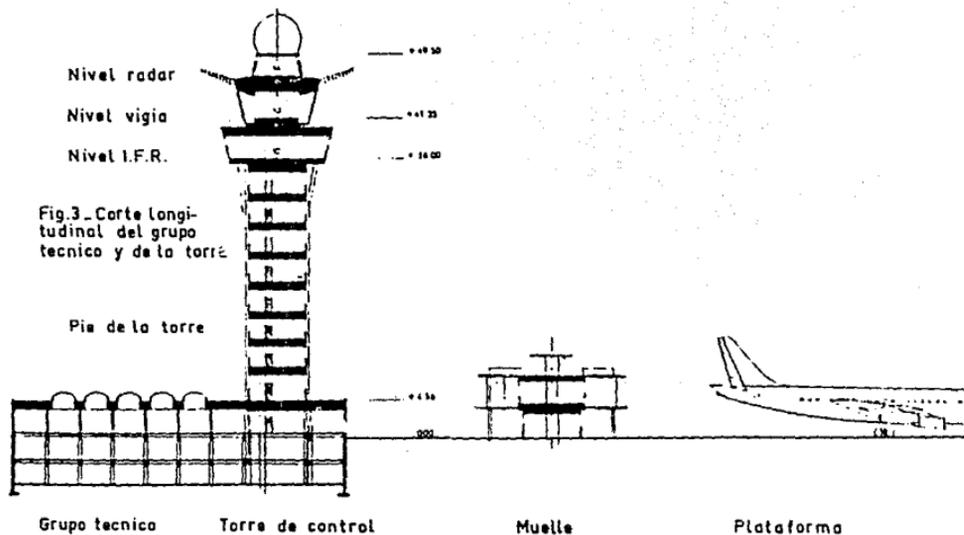
-LADO PISTA-
PLANTA BAJA

1. Sala de navegantes	25 m ²
2. B.I.A., B.P., B.T.	40 o 45 m ²
3. Mantenimiento telecomunicaciones	20 m ²
4. Informaciones meteo	24 m ²
5. Sala de trabajo - Radar meteo	12 m ²
6. Cartografía	20 m ²
7. Transmisiones meteo	24 m ²
8. Mantenimiento meteo	16 m ²
9. Informaciones climatológicas	9 m ²
10. Vigilancia meteo	9 m ²
11. Estanque	15 m ²
12. Secretaría	16 m ²
13. Jefe de estación meteo	20 m ²
14. Recepción radio	30 m ²
15. Escotilla	
16. Ducto	
17. Elevador	
18. Pasillo	



SÓTANO

1. Archivos meteo
2. Taller energía meteo
3. Comedor
4. Vestuario
5. Almacén N.A.
6. Archivos N.A.
7. Elevador
8. Llegada de cables
9. Repartidores



GRUPO TECNICO — PIE DE TORRE Y TORRE
 PLANOS DE DISTRIBUCION DE LOCALES

293

- 1 Oficinas
- 2 Sala de equipos
- 3 Taller de radio
- 4 Taller de mecanica
- 5 Deposito
- 6 Trabajos practicos
- 7 Sala de corte
- 8 Hall de entrada
- 9 Aseos
- 10 Oficina
- 11 Terraza
- 12 I.F.R
- 13 Vigia
- 14 Radar

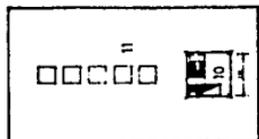
- A Central de ventilación
- B Repartición de cables radio
- C Vestuario
- D Telefono
- E Local baja tension
- F Planta electrica
- G Local baterias
- H Archivos
- I Transformadores reguladores
- J Aseos, vestidores
- K Electricidad, distribución
- L Reservas
- M Toma de aire
- N Maquinaria elevador
- O Central de climatización



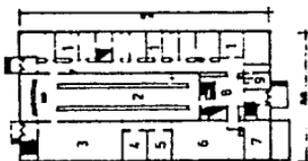
Vigia



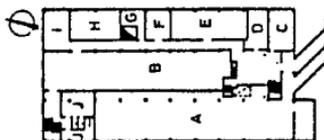
I.F.R



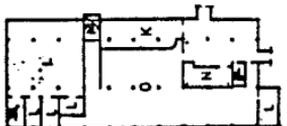
Piso corriente



Grupo tecnico
Planta baja



1º Zócano



2º Zócano

2.7.4. EDIFICIO DE MEDIOS GENERALES

Dentro de este edificio se instalan zonas destinadas a redes generales y servicio técnico. Por lo que consta de garages para vehículos de servicio, conjunto de servicio encargados de la seguridad y lucha contra incendios, central eléctrica y frigorífica, en su caso. Para los cuales se debe establecer un área de acuerdo a las instalaciones de cada uno.

Con respecto al CREI este debe requerir de áreas que resguarden los vehículos, maquinaria de intervención, cisterna de agua, ambulancias, tractores, zonas de emergencia y socorro a heridos e instalaciones para el personal.

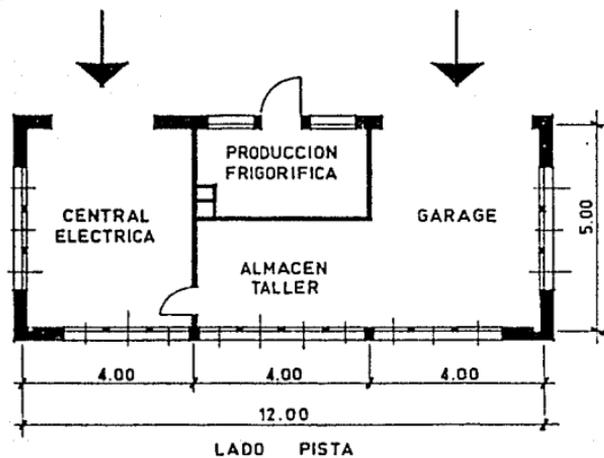
Para la central eléctrica debe haber área suficiente para instalar los transformadores y grupos de emergencia, instalaciones para personal de supervisión y mantenimiento.

La central frigorífica debe contar con el área indispensable para instalar sus instrumentos de producción de aire acondicionado.

A continuación se presentan algunos planos tipo por categoría de aeropuerto para edificios de medios generales:

EDIFICIO DE MANTENIMIENTO
AERODROMOS DE CLASE 1.2 y 3

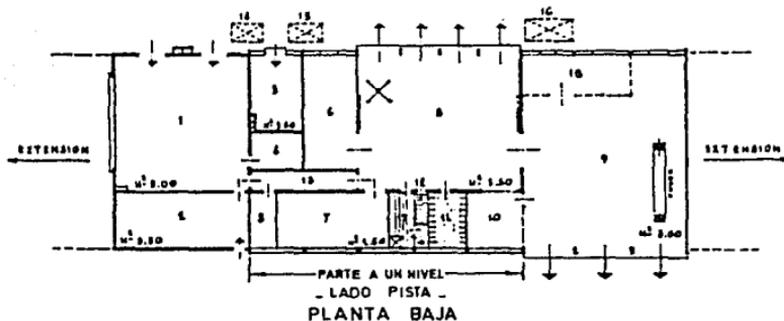
295



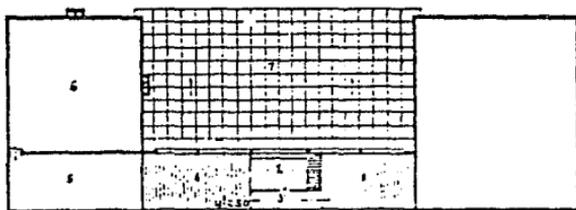
EDIFICIO DE MANTENIMIENTO PARA AÉRODROMOS DE CLASES 4 y 5

296

0 1 1 3 3 2 6 7 8 9 10



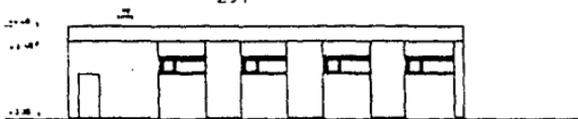
- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. SALA DE GRUPOS | 10. JEFE DE SEGURIDAD |
| 2. B.T. Y H.T. | 11. VESTUARIOS |
| 3. CALEFACCION | 12. ACCESO A NIVEL |
| 4. ALMACEN CENTRAL | 13. PASILLO |
| 5. ACUMULADORES | 14. BODEGA DE GAZOIL |
| 6. ALMACEN TALLER | 15. BODEGA DE DIESEL |
| 7. TALLER | 16. BODEGA DE GASOLINA |
| 8. VEHICULOS DE SERVICIO | 17. ASEOS |
| 9. VEHICULOS INCENDIO | 18. ALMACEN INCENDIO |



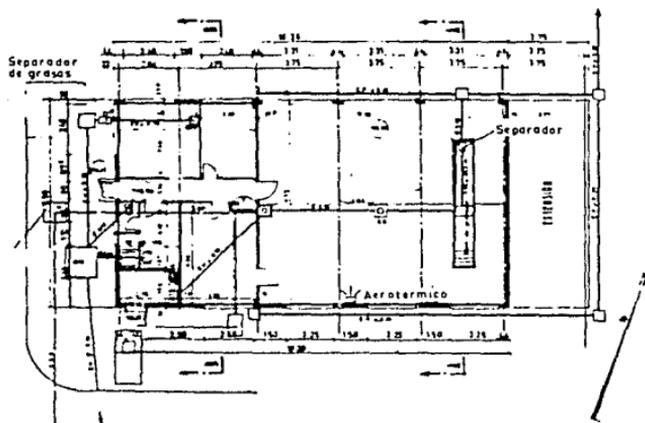
NIVEL

- | | |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1. SALA DE VIGILANCIA | 5. CUARTO |
| 2. OFICINA | 6. VACIO DE SALA DE GRUPOS |
| 3. PASILLO | 7. TERRAZA |
| 4. COMEDOR | 8. VACIO VEHICULOS INCENDIO |

297



FACHADA SUR LADO CIUDAD



FACHADA NORTE LADO PISTA

2.7.5. AVIACION GENERAL

Esta zona forma parte del aeropuerto destinado a líneas comerciales, o bien constituye el aeropuerto en caso de ser únicamente destinado a ese tipo de aviación (categoría 1 y 2).

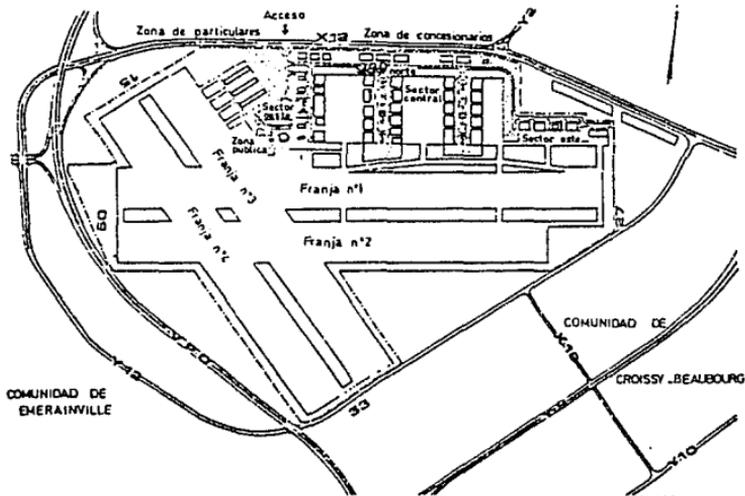
La superficie necesaria varía evidentemente en función de la importancia de las obras aeronáuticas y de las instalaciones previstas. Adicionalmente a las instalaciones del aeropuerto comercial se requiere de las siguientes obras:

- pista con césped de 800 m de largo y 100 m de ancho.
- una plataforma
- hangares para 10 aviones base
- un puesto de distribución de combustible
- un edificio terminal

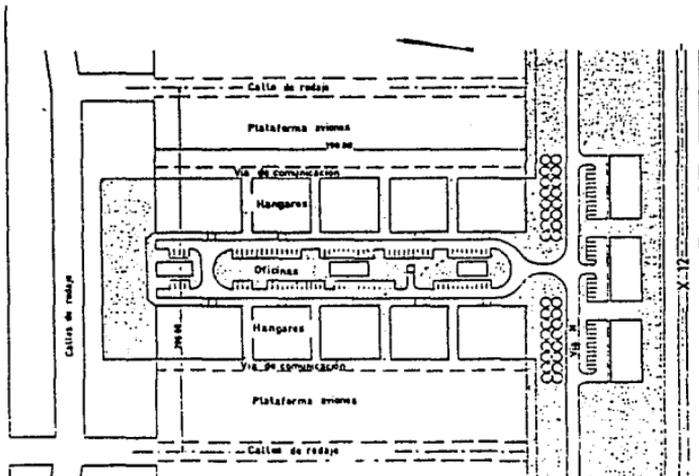
La superficie mínima para aviación general es de 10 ha. Las instalaciones de aviación general en un aeropuerto comercial son justificables cuando supera las 50 000 movimientos anuales, para lo cual se le asigna un área separada del edificio terminal de aviación comercial. A continuación se presentan algunos ejemplos de zona de aviación general.

Por último, se deben tomar en cuenta los criterios de derecho a considerar para la implantación de una zona de aviación general en un aeropuerto comercial, los cuales se mencionan a continuación:

- Facilitar el acceso a la pista interfiriendo lo menos posible el tránsito de la aviación comercial. Este criterio puede conducir a implantar la zona de aviación general en el lado opuesto a las instalaciones comerciales en relación al sistema de pistas existentes



Franja n° 1



o a crear, el propio sistema de pistas y de franjas reservado a la aviación general.

- Facilitar los accesos por carreteras a las instalaciones de la zona de aviación general evitando igualmente las interferencias con el tránsito carretero ocasionado por la actividad comercial.

- Facilitar las relaciones entre el bloque técnico de control del aeropuerto y la zona de aviación general.

2.7.6. PRINCIPALES PARAMETROS UTILIZADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE LA CIUDAD DE MEXICO

Con el objeto de dar una idea de los parámetros utilizados para el dimensionamiento de un aeropuerto, se presenta a continuación el caso del aeropuerto de la Cd. de México; el cual con el fin de determinar la magnitud de los elementos necesarios para responder a la demanda que se presentará en las etapas de operación del aeropuerto, se han utilizado parámetros de diseño, algunos de los cuales son resultado de la experiencia y de la investigación que ha realizado la DGA, a través de sus 20 años de existencia y que son resultado de la experiencia mundial.

Estos parámetros se aplican a la información de la demanda futura para cada elemento, especialmente en los años que representan el horizonte de cada etapa. De esta manera se obtiene la magnitud que cada elemento deberá tener para cada una de sus etapas.

En seguida, se proporciona una relación de los principales parámetros para el caso específico del AICM.

45 operaciones por hora de capacidad de 1 pista con un sistema eficiente de calles de rodaje.

60 operaciones por hora como capacidad máxima de una configuración consistente en 2 pistas paralelas cercanas, con ejes a 300 m con un sistema eficiente de calles de rodaje.

105 operaciones por hora de capacidad, para un sistema de 3 pistas paralelas con un sistema eficiente de calles de rodaje.

120 operaciones por hora de capacidad para un sistema de 4 pistas 7 000 m² de plataforma de operaciones por avión para aeronaves del tipo DC-9 y B-727, con salida por tractor.

8 000 m² por posición de avión en plataforma de operaciones para aeronaves con versiones alargadas de los DC-9 y B-727.

10 000 m² de plataforma de operaciones por avión para las aeronaves de las compañías extranjeras son salida por tractor.

450 m² por posición de aeronaves en plataforma de aviación general

14 m² de edificio por pasajero de aviación comercial nacional en hora crítica.

16 m² de edificio por pasajero de aviación internacional en hora crítica.

1 cajón de estacionamiento para automóviles por pasajero comercial en hora crítica.

30 m² por cajón de estacionamiento.

50 m² por cajón de estacionamiento para vehículos de transportación colectiva.

8 toneladas por m² de edificio terminal de carga por año, para un proceso manual.

20 toneladas por m² de edificio terminal de carga por año para un proceso de carga mecanizado.

1 500 vehículos por hora y por carril para vías de acceso y circulación.

12 m² de edificio por pasajero de la aviación general en hora crítica.

1.5 cajones de estacionamiento para la aviación general por pasajero en hora crítica.

5 cajones de estacionamiento de autos oficiales por M de pasajeros anuales.

23 cajones de estacionamiento de autos en renta por M de pasajeros anuales.

250 cajones de estacionamiento de empleados por M de pasajeros anuales.

20 cajones de estacionamiento para transportación terrestre por M de pasajeros anuales.

0.15 m² de almacen por tonelada anual de carga nacional.

1.2 m² de almacen por tonelada anual de carga internacional.

1 M litros de combustible en almacén por 16 000 operaciones anuales comerciales.

6 500 m² por aeronave en la zona de mantenimiento.

300 m² de oficina de las autoridades aeroportuarias con actividad directa a la operación por M de pasajeros anuales.

0.8 ha de oficina de autoridades aeroportuarias con actividades de apoyo a la operación por M de pasajeros anuales.

100 m² de edificio de servicios a la plataforma por 2 000 operaciones anuales de las compañías extranjeras.

0.5 ha para zona de mantenimiento y construcción del aeropuerto por M de pasajeros anuales.

0.4 ha de zona comercial y hotelera por M de pasajeros anuales.

6 000 m² de zona de hangares de aviación general por aeronave en posición simultánea.

0.25 m² de almacén de tramitadores de carga aérea por tonelada de carga internacional.

1.0 m² de oficina de correo por tonelada anual.

6.5 ha de zona de preparación de alimentos y mantenimiento por 100 000 operaciones anuales de aviación comercial regular.

2.8. CAMINOS DE ACCESO Y ESTACIONAMIENTOS

Tanto para los pasajeros como para la carga, los viajes comienzan y terminan fuera del aeropuerto. Los transportes que comunican un aeropuerto con los distintos puntos de la región atendida por éste, pueden tener una incidencia profunda sobre el diseño del aeropuerto y su sistema de operación.

Si se utiliza el transporte aéreo, es ante todo por razones de rapidez. Pero cuando el cliente se refiere a la rapidez de ese medio de transporte considera no sólo el tiempo transcurrido estrictamente en el avión de un aeropuerto a otro, sino la totalidad del trayecto, incluyendo el transporte terrestre. Por lo tanto, debe considerarse el viaje de un cliente como circuito global del que forma parte el aeropuerto. De esto se deduce la importancia de establecer un buen enlace entre el aeropuerto y las redes de transporte urbano, para que los viajes considerados globalmente resulten lo más cómodo y rápidos posible, tanto respecto a los pasajeros como a la carga.

Para determinar los caminos de acceso es necesario conocer la composición del tránsito, y sus destinos, la cual estará constituida por:

- a) Tránsito de pasajeros: Vehículos que transportan empleados.
- b) Tránsito de acompañantes y visitantes. Vehículos que los transportan.
- c) Tránsito de empleados: Vehículos que los transportan.
- d) Tránsito del personal navegante: vehículos que los transportan.
- e) Tránsito de carga: Vehículos que transportan la carga (correo incluido).
- f) Tránsito de otros motivos: Vehículos que transportan a usuarios de los servicios del aeropuerto (venta y reserva de boletos,

comercios, bancos, correo, etc.), que trabajen en él (agentes de servicios), o que vienen a buscar a empleados del aeropuerto.

- q) Tránsito parásito (eventualmente): Vehículos que utilizan las rutas de acceso o de salida del aeropuerto para acceder a la red vial general.

Además debe determinarse si las redes de transporte existentes son suficientes en lo inmediato y a largo plazo. Se trata al respecto, de evaluar ese medio de transporte desde diferentes puntos de vista: suficiente capacidad de transporte, duración aceptable del viaje, regularidad y exactitud, así como costo y comodidad.

Esto es debido a que si las redes existentes son insuficientes o si llegar a serlo durante el período de operación del aeropuerto se corre el riesgo de embotellamiento y de atraso en las operaciones de pasajeros, personal y carga, tanto a la llegada como a la salida. Esto llevaría a limitar en forma artificial la capacidad del aeropuerto o a alejar de este a los viajeros, que tenderían entonces a dirigirse hacia otros aeropuertos u otros medios de transporte.

En todos los aeropuertos resulta indispensable contar con calles públicas suficientes para el transporte de pasajeros y de carga. Durante todo el período de operación de cualquier aeropuerto, siempre habrá usuarios que desearán utilizar vehículos particulares y transportes por carretera para llegar a él.

En consecuencia, es indispensable integrar el aeropuerto a la red carretera de la región a la que pertenece. Por otra parte, las redes internas del aeropuerto deben permitir organizar la circulación entre

los diversos edificios o instalaciones, y entre las zonas vinculadas entre sí en el plano funcional.

Los vehículos que sirven para el transporte de pasajeros, los destinados al transporte de mercancías y los que sirven para el mantenimiento de los aviones, deben circular por tres redes diferentes, tomando precaución que los enlaces no provoquen problemas en la circulación normal del tránsito.

Tomando en cuenta estas consideraciones y con el conocimiento del tránsito total anual, y en hora pico, es posible determinar la capacidad de las carreteras y autopistas.

El problema de la capacidad de las carreteras se presenta tanto en los accesos exteriores al aeropuerto, como en los internos para los cuales son necesarios ingenieros especializados en servicios carreteros y aeronáuticos, según el caso.

Para el servicio interno de los aeropuertos, es indispensable establecer la configuración de una red carretera interna, para la cual no existen reglas particulares. Sin embargo, debe estar diseñada de tal modo que se facilite el acceso directo a las instalaciones terminales y que no sea complicado.

Una vez establecida la configuración general, es importante considerar que esta red carretera desemboca generalmente en distintas zonas de estacionamiento que equipan las distintas instalaciones.

Para determinar el área de estacionamiento requerida, hay que distinguir las necesidades de estacionamiento siguientes:

- de pasajeros y acompañantes
- de los empleados
- de los visitantes

- de otros motivos: vehículos de servicio, camiones de carga, coches alquilados, taxis, autocares, personal navegante, etc.

En general, se presentan para la zona de pasajeros nacional de 800 a 1 000 lugares por millón de pasajeros anual, para pasajeros internacionales de 500 a 600 lugares por millón de pasajeros anual, y para la zona de empleados de 200 a 250 lugares por cada 1 000 empleados.

Por último se debe considerar la explanada de instalaciones terminales, la cual comprende las calles que sirven el lado ciudad de la terminal; en donde sólo se tolera el estacionamiento de muy breve duración de los vehículos, para traer o llevar pasajeros únicamente.

Según la opción funcional escogida, puede haber una sola explanada o una explanada de llegada y otra de salida, o cualquier otra solución elegida por el diseñador.

De esta explanada se debe determinar el largo y el ancho. El largo es calculado apartir del porcentaje de pasajeros que utilizan un taxi o llegan o parten en vehículo particular considerando el tiempo de carga o de descarga de los pasajeros y de sus equipajes. En términos generales, para una terminal pequeña (50 000 a 100 000 pasajeros anuales) medirá 50m; para una terminal media (500 000 a 1 000 000 de pasajeros anuales) medirá aproximadamente 100 m; y para una gran terminal (tránsito superior a 2 000 000 de pasajeros anuales) será superior a 200 m.

Cabe señalar que el largo correspondiente a la fachada lado ciudad de la terminal puede resultar suficiente, sin embargo, esta distancia debe ser verificada en cada caso.

El ancho de la acera debe ser prevista de por lo menos 4 a 5 m para el tránsito de peatones, la cual permitirá descargar los equipajes y circulación de pasajeros y carritos. Además debe preverse de un carril frontal en un sólo sentido de 2 ó 3 vías, tomando en cuenta que la tercera auxiliará en caso de estacionamiento desordenado, en el cual utilicen dos vías como estacionamiento, de esta manera la tercera permitirá la circulación.

CAPITULO III

CONSTRUCCIÓN

A partir de la necesidad de comunicación más rápida y eficiente ha surgido la concepción de los aeropuertos. Los cuales para llevarlos a su etapa de construcción, es indispensable haber concluido y aprobado las fases anteriores. Las cuales se iniciaron desde la realización de estudios previos, útiles para realizar la planeación y sobre la cual se ha apoyado el proyecto, para que finalmente quede justificada la necesidad de la construcción del aeropuerto.

Toda la información recabada aportó los parámetros necesarios para identificar el tipo de avión que servirá como base para proponer el diseño de los cuatro elementos fundamentales: área de maniobras aeronáutica, edificios, almacenamiento de combustible y ayudas visuales.

Una vez que se han terminado los planos de diseño y que se han preparado las especificaciones, que son el lenguaje con el que se relacionan el campo del diseño y el de la construcción, este último se encarga de la realización física de la obra.

Dentro de la construcción de un aeropuerto, así como en otro tipo de obras, lo variado de estas y los problemas que se presentan durante la construcción, obligan al especialista en esta área a tener una preparación muy completa en todas las ramas de la Ingeniería Civil; necesariamente tiene que relacionarse con ingenieros de otras especialidades y, de acuerdo a la complejidad de la obra, frecuentemente tendrá que formar parte de equipos interdisciplinarios.

Dentro del área de la construcción, el Ingeniero Civil, debe desempeñar diversas actividades dentro de las cuales se encuentran:

- La planeación de la construcción, que consiste en elaborar pre-

supuestos, selección de procedimientos de construcción y de equipo, elaboración de programas, etc.

- Ejecución, el la cual en base a planos y especificaciones y de acuerdo con la planeación establecida, organiza los recursos fijando actividades a los demás participantes.

- Resuelve problemas particulares que se presenten en la obra.

- Control, establece y opera los mecanismos necesarios para mantener la calidad dentro de lo especificado, vigila la realización del trabajo dentro de los tiempos previstos. Cuida que los costos no sobrepasen de lo planeado y además cuida y es responsable de la seguridad de los trabajadores que laboran en la obra.

Una vez determinado en que consiste el trabajo del Ingeniero dentro de la construcción, se presenta en el siguiente capítulo los puntos más importantes que engloba la construcción de un aeropuerto.

El primer punto a tratar es referente al procedimiento constructivo del área de maniobras, en el cual se mencionan los trabajos preliminares que se tienen que realizar como son: desmonte, despalme, y cortes someros; posteriormente el trabajo de terracerías que incluye los cortes, terraplenes y compactación del terreno, de acuerdo a la curva masa determinada en proyecto, para establecer la capa subrasante sobre la cual se construirá el pavimento, y conjuntamente realizar los trabajos de drenaje, tanto subterráneo como superficial.

Una vez realizados estos se puede construir el pavimento, que se haya elegido.

El siguiente inciso trata lo relacionado a la construcción de aeropuertos ya existentes, o sea, la reconstrucción. Dentro del cual se explica la importancia de ampliar, rehabilitar o reconstruir un

aeropuerto de acuerdo a la saturación de las instalaciones o por mantenimiento de las mismas (pistas).

En el apartado referente a construcción de aeropuertos se tratan los procedimientos constructivos de los edificios más importantes que forman un aeropuerto, como son: edificio terminal, edificio anexo de oficinas, CREI, etc.

De la misma manera en el inciso de construcción de instalaciones industriales se señalan elementos importantes a considerar en el procedimiento constructivo de la zona de almacenamiento de combustible, de ayudas visuales, así como de instalaciones electromecánicas, sanitarias y eléctricas para los edificios.

Por último, y como parte muy importante dentro de la construcción, se presenta lo relacionado a control de obra y control de calidad, debido a que dentro de las obras de ingeniería, la construcción de cualquier tipo de obra estos dos puntos siempre deben estar presentes para lograr que la obra se realice de acuerdo a los tiempos establecidos y conforme a las especificaciones y normas de construcción establecidas, para así evitar riesgos y gastos de operación innecesarios.

3.1. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Después que se ha realizado una adecuada planeación se llega a la etapa de proyecto. En las primeras fases de esta etapa se realizaron estudios que nos definen las distintas alternativas de localización del aeropuerto; proponiendo la más viable.

Se realizaron estudios meteorológicos, topográficos, geológicos e hidrológicos, y con apoyo en ellos es posible definir la mejor orientación de la pista y proyectarlo con las características geométricas y estructurales correspondientes. Con la información es posible diseñar también plataformas, calles de rodaje, accesos, así como el edificio terminal y la zona de almacenamiento de combustible.

Todo esto significa muchas horas: hombre, así como una gran cantidad de cálculos, planos, procedimientos, etc., que tendrán su culminación en la construcción que apoyada en ellos se realice.

Seguramente todo el esfuerzo realizado y el tiempo empleado serían completamente inútiles si no se lleva a cabo la etapa final, es decir, la construcción del aeropuerto.

En esta parte del capítulo de construcción de aeropuertos, se presentaran los procedimientos constructivos en áreas de maniobra, es decir, en pistas, rodajes y plataforma, desde los trabajos en terracerías, hasta el pavimentado y colocación del señalamiento.

Para la construcción de un aeropuerto debe contarse siempre con supervisión y equipo especializado, ya que deben observarse normas que son muy específicas para este tipo de obra. Como ya se menciono anteriormente, la construcción de una pista no es igual a la de una carretera, y por lo tanto deben proyectarse y construirse con criterios especiales.

Una vez que se ha concluido la etapa de proyecto, es posible realizar la construcción de la obra, el aeropuerto en este caso. En este momento debe instalarse la supervisión de la obra, y el ingeniero que se encargue de la misma deberá realizar recorridos el lugar para constatar que todos los datos y en general, toda la información que le ha sido proporcionada coincida con lo que existe en la realidad.

Después de verificar todo lo anterior será conveniente realizar un segundo recorrido pero ahora con el responsable de la empresa que ejecutará los trabajos, con el fin de que ambas partes estén perfectamente enteradas del proyecto y las condiciones reales del lugar.

3.1.1. TRABAJOS PRELIMINARES

Para empezar con estos trabajos será necesario construir un camino de acceso provisional para los vehículos y equipos de construcción. También será necesario construir instalaciones provisionales, fácilmente desmontables al término de su utilidad, para alojar oficinas de campo, laboratorio de control de calidad, talleres, etc.

Mientras estas labores se desarrollan deben iniciarse los trabajos de construcción propiamente dichos, una vez que los equipos necesarios estén en el sitio de obra.

a) Desmonte

Como desmonte se entiende la acción de tala, derribo o corte de o especies vegetales existentes, y se realiza por medio de sierras mecánicas o manuales, o bien, mediante acción de empuje de tractores, o equipos motorizados para pcd.

Será necesario llevarlo a cabo en todas las zonas de construcción y en aquellas que afectarían la aproximación de aeronaves a las pistas. Con la única limitación de la correcta visibilidad desde la Torre de control a la totalidad de las áreas de maniobra que pueden requerir desmontes adicionales. por razones ecológicas convendrá mantener las condiciones originales en el resto del terreno destinado al aeropuerto.

b) Despalamo

Consiste en el corte, extracción y acarreo a otro sitio de la capa de subsuelo vegetal existente en la superficie.

Es indispensable eliminar, de las zonas por pavimentar o terraplenes compactados, la presencia de materia orgánica que altera las características del terreno e impide el adecuado proceso de consolidación.

c) Cortes someros

La presencia de capas de arcilla delgadas, de alta compresibilidad bajo los pavimentos, puede provocar deformaciones; en este caso y cuando el espesor no sea excesivo, será conveniente eliminarlas mediante estos cortes, y rellenarse con materiales de mejor calidad.

3.1.2. TERRACERIAS

Una vez que se ha limpiado la zona de trabajo, comienza de hecho, la construcción propiamente dicha

El proyecto deberá incluir el estudio de curva masa para el apro-

vechamiento de los materiales, compensando las zonas de corte y terraplén que sean posibles, acarreado los rellenos necesarios desde un banco de préstamo o desperdiciado las excedencias.

a) Cortes

El proyecto habrá definido con claridad las zonas de corte, así como la profundidad de los mismos. Los cortes en tierra podrán ejecutarse empleando escrepas de arrastre (ya en desuso), motoescrepas comunes, motoescrepas autocargables o combinaciones de tractor, cargador y equipos de acarreo.

La nivelación de la superficie para lograr la sección de proyecto, cuando los cortes son en tierra, se podrá obtener con bastante precisión, no así en el caso de que haya roca.

Dependiendo de lo que las normas de construcción indiquen, deberá producirse un sobrecorte de espesor especificado, comunmente de 30 cm. El nivel de proyecto se logrará con un relleno compactado.

b) Compactación del terreno natural

Tanto las áreas de terraplenes como las de corte (en el caso de tierra), deben ser objeto de un procedimiento de compactación, que servirá para restituir al suelo sus características de consolidación natural, afectada durante los procesos de desenraíce, despalme y/o corte, propiamente dicho.

El proyecto indicará el espesor de terreno por compactar, así como el grado de compactación por alcanzar. Casi siempre, si hay un espesor considerable (1.0 m, o más) de terraplén sobre el terreno natural, la compactación será del 90% del peso volumétrico seco máximo

(P.V.S.M); si hay espesores someros, será del 95%.

c) Formación de terraplenes

Mediante el empleo de materiales producto de cortes o bancos de préstamo, habrá que formar terraplenes para conseguir una continuidad en la forma longitudinal y transversal de los que serán los pavimentos.

En esta etapa se empieza a destacar las diferencias respecto a la construcción de un camino, sobre todo en la pista, donde habrá que trabajar con anchos muy grandes.

Según las características geológicas del sitio, los terraplenes podrán estar formados por roca, roca mezclada con finos o tierra. En cada caso se deberán seguir procedimientos comunes a todo trabajo de terracerías.

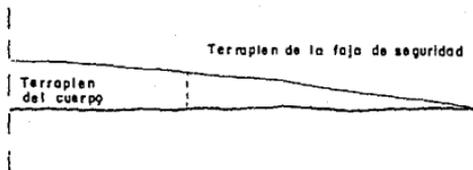
Durante el proceso se irán formando las pendientes longitudinal y transversal; las zonas de ampliación para retorno en las cabeceras se construirán también, en terracerías, desde la etapa inicial.

Si fuera lógico (que no lo es), al término de la etapa inicial de cortes y terraplenes, se tendría, en una vista aérea, la planta general del aeropuerto construida en tierra. Por el contrario la construcción se debe llevar a cabo escalonadamente, como se observa en la siguiente figura.

De esta forma, las capas de terraplén se irán tendiendo en sentido longitudinal hasta comenzar a ser cubiertas, también en forma escalonada, por las terracerías mejoradas de la subrasante y las capas de pavimento.



(a)



(b)



(c)

ESQUEMA DE CRECIMIENTO TRANSVERSAL

d) Bancos de préstamo para terracerías

Durante los estudios geológicos preliminares, se obtendrán las características de los bancos de préstamo, buscando siempre que su calidad sea adecuada para las capas por construir. Podrá darse el caso de que se requieran bancos diferentes para cada capa, en función de que, a medida que crece el terraplén, acercándose al pavimento, la calidad de los materiales debe ir mejorando para brindar las características de resistencia más adecuadas.

En general, el procedimiento de ataque de los bancos es similar al de los cortes, con una excepción importante: puesto que generalmente son excavaciones por debajo del nivel del terreno, habrá necesidad de prever su drenaje para impedir que sean inundadas por lluvias. De no existir posibilidad de desalojo de aguas, habrá que programar ataques escalonados a fin de contar siempre con zonas de extracción, aunque el fondo del banco se inunde.

3.1.3. CAPA SUBRASANTE

La capa subrasante constituye la parte superior de las terracerías, sobre la cual se construye el pavimento.

Las normas de construcción definen las características de calidad de esta capa. Así, el tamaño máximo de los agregados será de 7.5 cm (3"), el espesor mínimo de 30 cm, el VRS superior al 15%, la expansión menor del 3% y el grado de compactación por lo menos del 95% del P.V.S.M.

Las finalidades de esta capa son estructurales y funcionales. Las primeras consisten básicamente en recibir y resitir las cargas

del tránsito y transmitir las adecuadamente distribuidas a las capas inferiores. Las funcionales pueden ser varias:

- Evitar que los materiales de mala calidad de las terracerías contaminen el pavimento.
- Evitar que el pavimento se incruste en el pedraplén.
- Evitar que las imperfecciones de la cama en los cortes se refleje en la superficie de rodamiento.
- Uniformar espesores de pavimento y disminuirlos cuando sea posible.
- Funcionar como capa rompedora de capilaridad.

Dada la importancia de esta capa, su construcción debe llevarse a cabo con todo cuidado; su espesor obliga a fabricarla en varias subcapas, acorde con la capacidad de los equipos de compactación. Tanto las subcapas como la capa total deben estar perfectamente compactadas, y se debe vigilar que toda la capa subrasante cumpla con las dimensiones y compactación especificadas.

De aquí que el proceso escalonado debe estar correctamente programado, impidiendo que se pierda la humedad superficial y comprobando que existe liga perfecta entre las subcapas.

3.1.4. OBRAS DE DRENAJE

Las obras de drenaje, como se mencionó en el capítulo anterior consiste básicamente en drenaje subterráneo y superficial.

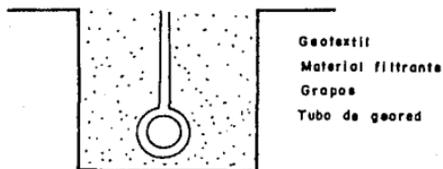
El subdrenaje puede consistir en zanjas con fondo nivelado, rellenas de materiales graduados, sin finos, que sirvan como filtro y

hagan caer el agua al fondo de la zanja

Mediante pendientes adecuadas, se lleva al líquido hasta registros de captación desde los cuales se le conduce a los canales de drenaje superficial.

Recientemente se ha empezado a utilizar el subdrenaje con empleo de fibras artificiales.

Consiste en utilizar una combinación de geored y geotextil, formando una tubería con la primera y una bolsa continua con el geotextil. La tela capta y conduce al líquido al fondo, donde el tubo formado con la malla lo transporte de igual forma que lo haría el tubo de concreto. Lo cual se puede observar en la figura siguiente.



ESQUEMA DE SUBDREN CON MALLA GEOTEXTIL

El drenaje superficial está constituido, por canales a cielo abierto, en las orillas de las fajas de seguridad, con capacidad suficiente para conducir, sin desbordarse, las mayores precipitaciones previstas en los estudios realizados. Dichos canales generalmente son de sección triangular o trapecial.

El eje de estas conducciones se ubicará a 15 m del hombro de las fajas de seguridad y en general, correrán a favor de la pendiente del terreno natural, paralelamente al eje de la pista, que siempre será considerada la zona más importante por drenar.

La descarga de estas canalizaciones podrá ser: a una zona baja donde la inundación que provoquen las aguas no represente problema en la operación del aeropuerto; a otros canales existentes; o bien a las excavaciones que dejan los bancos de préstamo.

En los cruces de la pista con rodajes y otras vialidades es necesario construir alcantarillas, generalmente formadas con muros de mampostería y losa de concreto reforzado, o bien, cajones ya sea de acero o de concreto reforzado.

3.1.5. CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO

Como ya se había mencionado, el pavimento es un conjunto de capas, en las que se incluyen la base, la subbase y la carpeta. Ahora se expondrá en forma particular a cada una de estas capas, pero recordando que el buen funcionamiento del pavimento depende de la interacción de las mismas.

a) Bancos de préstamo para pavimentos

Las primeras fuentes de suministro de los materiales que forman las capas del pavimento son las siguientes:

- Ríos y arroyos
- Depósitos de aluvión (conglomerado sin cementante arcilloso).
- Mantos rocosos

Los dos primeros generalmente proporcionan materiales redondeados muy duros, que deben someterse a tratamientos de trituración para poderlos utilizar adecuadamente.

Respecto a los bancos de roca, se tratará de trabajar con mantos de adecuada dureza. Los materiales muy intemperizados o producto de formaciones sedimentarias o metamórficas jóvenes o incompletas, pueden resultar muy blandos y deben desecharse.

Para poder utilizar estos materiales se deberán hacer pruebas que determinen que sus características son idóneas para las capas en las que se van a emplear.

Algunas de estas pruebas son:

- Granulometría
- Grado de dureza
- Límites de Atterberg
- VRS (Valor relativo de soporte)
- Valor cementante
- P.V.S.M. (Peso volumétrico seco máximo)

b) Capas de subbase y base

Se entiende por subbase y base de un pavimento las capas sucesivas de materiales seleccionados que se construyen sobre la subrasante

y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las en tal forma que no se produzcan formaciones perjudiciales a esta.

Funcionan también como capa ropedora de capilaridad, y como finalidad económica disminuyen el espesor de la carpeta.

Dada la función que tienen estas capas, se requiere que los materiales con que se construyen sean de mejor calidad que los de las terracerías, y deben cumplir normas en cuanto a tamaño máximo de agregado ($1\frac{1}{2}$ "), buena granulometría, forma más o menos cúbica, rugosidad de las partículas, así como baja plasticidad. Es importante señalar que el VRS será del 100%.

El proceso constructivo para bases y subbases consta de las siguientes etapas:

- Desmonte y despalle del banco de materiales
- Remoción, extracción y carga de material.
- Acarreo del material al lugar de la pista.
- Descarga
- Mezclado. Se hace cuando se tengan dos materiales. El material se homogeniza y se coloca formando un camellón, en el cual se realiza la estabilización del material, cuando se requiera. Se llama base estabilizadora.
- Incorporación de humedad. Ya homogenizado el material o mezcla de materiales se le incorpora humedad por medio de una pipa.
- Revoltura. El material debe estar uniformemente húmedo por lo que se le revuelve con la motoconformadora hasta lograrlo.
- Tendido. Se efectúa con la motoconformadora de la misma manera que en la terracería.
- Compactación. La selección del equipo que se usará para la com-

pactación de la subbase y base de la pista está directamente relacionada por el tipo de material con el que serán construidas.

En aeropuertos, donde se requiere una superficie de rodamiento casi perfecta, la compactación adquiere aún más importancia. Los materiales que se tienen generalmente en las subbases y bases son granulares, como la arena y la grava, y ocasionalmente arcillas. El equipo de compactación debe entonces elegirse en función de estos tipos de suelos y el grado de compactación deseado.

Para proteger la subbase y base mientras se construye la carpeta, es conveniente la aplicación de un riego de asfalto rebajado de fraguado medio, por lo común en proporción de 1.0 a 1.5 l/m².

c) Carpetas asfálticas

En los aeropuertos con pista para operación de turborreactores, las carpetas asfálticas habrán de ser fabricadas en caliente, en planta estacionaria y tendidas son equipos terminadores adecuados. Estos son los aspectos más importantes de su proceso constructivo:

- Materiales áridos (agregados).

Deben cumplir con las normas en cuanto a granulometría, densidad y peso volumétrico, dureza y límites de Atterberg.

- Cemento asfáltico.

Es un residuo de la destilación de crudos de petróleo. Mediante una adecuada combinación de adicionantes se obtienen características específicas en base a las cuales se clasifican. Dicha clasificación es del No. 1 al No. 12, atendiendo a sus características físicas y

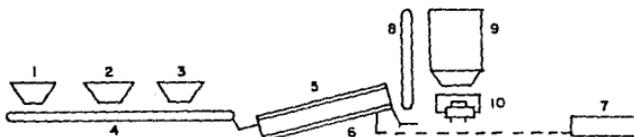
sobre todo a su tiempo de fraguado.

En los aeropuertos mexicanos se especifican cementos asfálticos del No. 6 (fraguado, dureza y elasticidad medias), aunque se toleran del No. 5 y del No. 7.

- Preparación de la mezcla.

Existen dos tipos fundamentales de plantas para preparación de mezclas asfálticas; las llamadas "de bachas", con capacidad hasta de 2.8 ton/hora, y las "de producción continua", que producen hasta 350 ton/hora.

Estas últimas prácticamente han desplazado a las primeras y su esquema de funcionamiento se puede apreciar claramente en la siguiente figura:



- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1 Tolva de finos | 6 Aspersor de asfalto |
| 2 Tolva de medianos | 7 Tanque térmico de asfalto |
| 3 Tolva de gruesos | 8 Elevador de mezcla |
| 4 Banda transportadora | 9 Silo de almacenamiento |
| 5 Secador - revolvedor | 10 Transporte |

ESQUEMA DE PLANTA ASFALTICA DE PRODUCCION CONTINUA

- Tendido y compactación

El tendido se simplifica con el empleo de máquinas terminadoras ("finisher"), que tienden franjas limitadas sólo por el tamaño de la máquina. Los espesores son controlados por medio de una placa enrasadora que mediante el movimiento de tornillos, puede ir ajustando los espesores conforme el tendido avanza.

Una vez que la temperatura desciende hasta unos 95°C se inicia la compactación inicial, empleando una aplanadora con rodillos lisos en tándem.

Terminada la compactación inicial, se hace entrar un compactador neumático autopropulsado, que pasará tantas veces como sea necesario para lograr la compactación especificada.

En la actualidad son el uso de máquinas provistas de rodillos vibratorios, se puede acelerar notablemente el proceso de compactación de la carpeta asfáltica.

d) Mezclas frías

Este tipo de mezclas elaboradas con asfalto rebajado de fraguado rápido y tendidas con motoniveladores, deben reservarse para pistas de características modestas.

Esto es debido a las dificultades que presentan para lograr acabados que cumplan con las tolerancias de nivel.

Existen equipos que permiten fabricar y tender simultáneamente mezclas a base de emulsión asfáltica. La máquina combina un área de almacenamiento y dosificación con otra de mezclado y tendido, permitiendo lograr buenos resultados en una sola operación. La compactación se realiza básicamente con aplanadora tándem, sin vibración.

e) Pavimentos de concreto hidráulico

Al escoger este tipo de pavimento se tiene un ahorro en una de las capas, ya que como se mencionó, sólo se requiere de una subbase debido a que el concreto transmite esfuerzos menores a las capas inferiores.

La pista de concreto hidráulico consta de una losa de concreto hidráulico, una base de material seleccionado, y la capa subrasante apoyada sobre el cuerpo del terraplén.

El pavimento de concreto hidráulico se construye por medio de losas cuyo espesor está en función de la tensión por flexión que puedan resistir al aplicarles la carga.

Los siguientes factores deberán tomarse en cuenta dentro del proceso constructivo.

- Agrietamiento
- Utilización de refuerzo
- juntas de expansión, construcción y contracción

El procedimiento de construcción consta de las siguientes etapas:

1. Terracerías y subbase
2. Losas de concreto

Las terracerías y subbase siguen los mismos procedimientos utilizados en la construcción de pavimentos flexibles.

Para las losas de concreto se sigue el método convencional que incluye cimbra, mezcla y revoltura de agregados, colado, vibración y afinado de la superficie.

f) Carpetas de pavimento mixto

Para realizarlas deben seguirse las siguientes recomendaciones.

- El concreto hidráulico deberá estar totalmente terminado y sellado antes de construir el asfalto.

- La losa enterrada que sirve de transición deberá tener un acabado áspero para lograr que la carpeta asfáltica se adhiera a él.

- La base se emparejará con el borde de la losa enterrada y se impregnará la superficie con asfalto rebajado o emulsión de fraguado medio.

- Se aplicará riego de liga recomendado para la base y se tenderá la carpeta asfáltica con la manguera espesora de la petrolizadora, cuidando de no producir encharcamientos de asfalto.

- Se cubrirá la cuña de transición de concreto asfáltico, evitando que queden huecos en los extremos.

- Finalmente se procede a colocar el espesor de concreto asfáltico normal para la carpeta, sin huecos entre las capas y haciendo coincidir los niveles.

g) Sellos

Es las áreas de maniobra aeronáutica está prohibido utilizar riegos de sello de material pótreo de pequeño tamaño, ya que siempre hay desprendimiento de partículas que pueden dañar hélices, fuselajes o turbinas.

Si se requiere sellar una superficie para mejorar sus características, sólo se podrán emplear morteros asfálticos, elaborados con arena fina y una emulsión de fraguado medio. El espesor promedio de este sello será de 3 mm.

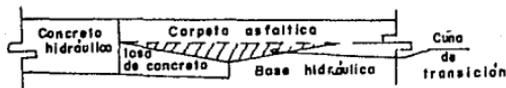
3.1.6. SEÑALAMIENTO

Comúnmente es llevado a cabo por contratistas especializados que cuentan con equipo diseñado para este propósito.

En las áreas de maniobra es obligado utilizar pintura con microesferas de vidrio para darles características de luminosidad nocturna por reflejo.

Tanto la pintura como la microesfera se aplicarán en el espesor que las normas indiquen. Es importante destacar la inconveniencia de aplicar pintura sobre carpetas jóvenes, ya que los solventes de la pintura reaccionan con el asfalto fresco provocando una coloración amarillenta en la pintura blanca, la aparición de grietas tipo "piel de cocodrilo" y posteriormente, el desprendimiento de láminas delgadas de material compuesto por la pintura y finos de la carpeta.

Por lo tanto, será conveniente esperar por lo menos 30 días a que el asfalto superficial se haya endurecido y oxidado en contacto con el aire, antes de proceder a la pintura.



PAVIMENTO MIXTO

3.2. RECONSTRUCCION DE AEROPUERTOS

La reconstrucción, rehabilitación y ampliación de la capacidad de los sistemas del aeropuerto mediante obras de infraestructuras, pueden quedar incluido dentro de las actividades de Construcción de Aeropuertos.

Existen algunos factores que hacen necesario reconstruir, rehabilitar o ampliar la capacidad de los sistemas del aeropuerto, entre los que se encuentran:

- Saturación del edificio terminal.
- Insuficiente longitud de pistas para nuevos equipos de vuelo.
- Deficiencias estructurales de los pavimentos, así como bajo índice de servicio de los mismos, por deterioro.
- Deficiente capacidad de las zonas de almacenamiento de combustible por aumento en la demanda.
- Obsolescencia de las instalaciones por nuevos avances tecnológicos.

Cuando se presenta una o varias de las situaciones anteriores, y una vez que se ha decidido reconstruir alguna parte del aeropuerto, se debe establecer comunicación oficial con las autoridades aeronáuticas para coordinar las actividades a emprender, antes y durante la ejecución de las obras.

La reconstrucción adecuada con las autoridades del aeropuerto permitirá establecer conjuntamente los horarios y condiciones de trabajo, el control del acceso a vehículos y personal, notificación a las compañías aéreas, etc., con el propósito general de garantizar la seguridad al tráfico aéreo y reducir molestias a los usuarios del aeropuer-

to, sin afectar el programa de trabajo.

No se puede olvidar que se deben observar los reglamentos y normas de seguridad establecidas por las organizaciones internacionales, por lo que existen autoridades encargadas de vigilar el cumplimiento de dicha reglamentación.

De este modo, la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) se encarga de lo relativo a las operaciones aeronáuticas. La administración de Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) del control del acceso de equipo y personal al aeropuerto; finalmente, el organismo Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM) se ocupa de mantener comunicación constante y eficiente entre Torre de Control - Aeronaves - Areas de maniobra.

Una vez descrito el panorama de estrecha coordinación entre autoridades y ejecutantes, se lleva a cabo la obra física de la reconstrucción aeroportuaria.

Para ejemplificar ésto, de las situaciones antes mencionadas que justifican la rehabilitación de un aeropuerto, se describirá lo referente a la reconstrucción de pavimentos asfálticos.

Dado que las condiciones locales de suelos e hidrología subterránea son diferentes en cada caso, el proyecto de reconstrucción de pavimentos es una tarea compleja, que requiere de estudios previos y comparación de alternativas de solución.

Así por ejemplo, cuando se trate de nivelaciones con reposición de carpetas, será necesario revisar la estructura existente recorriendo al detalle las áreas pavimentadas, para percatarse del tipo de falla, así como su extensión y magnitud.

Otro procedimiento de evaluación recomendable consiste en tran-

sitar un equipo rodante de unas 10 a 15 ton de peso por pierna (compactador neumático), con el fin de detectar y marcar zonas de baches o rebotes, en las que existen fallas estructurales. El equipo pesado busca simular el paso de una pierna de avión.

Una vez que se han definido las áreas que requieren reparación, el procedimiento a seguir es similar al de obra nueva. Dicho procedimiento puede reducirse a lo siguiente:

- Remoción de los materiales superficiales de mala calidad hasta alcanzar el piso resistente.
- Reposición de las nuevas capas del pavimento utilizando materiales de calidad y colocación controlada.

Por regla general, los rebotes detectados mediante el tránsito de equipo pesado tiene su origen en deficiencias de subdrenaje, que provocan saturación excesiva del terreno de cimentación.

Por esta razón, los trabajos de reconstrucción de pavimentos deberán considerar también la evaluación de las condiciones de subdrenaje y la rehabilitación o instalación del sistema de drenaje, con tubería perforada a los lados de la franja pavimentada.

Es importante señalar que cuando las reconstrucciones se realizan en áreas en que resulta imposible suspender las operaciones aeronáuticas, se opta por trabajar de noche, con los naturales inconvenientes de supervisión y calidad de las obras.

Otro aspecto que se debe considerar en trabajos de reconstrucciones nocturnas, consiste en la adecuada preparación de rampas transversales al eje de las pistas al final del tramo ejecutado durante la noche.

Es preferible que dichas rampas sean de descenso con relación

al sentido de circulación predominante de las aeronaves, con las pendientes nunca mayores al 1% a fin de evitar riesgos de daño a los equipos de vuelo.

Finalmente se puede observar, que la variedad de soluciones que se dan a una reconstrucción dependerá básicamente de los estudios que se tengan realizados a largo plazo desde la concepción del proyecto, es decir, que el plan maestro se vaya cumpliendo de acuerdo a los pronósticos hechos.

Así en la actualidad, los aeropuertos construídos recientemente necesitarán, a un plazo determinado, de ampliaciones futuras en pista, plataformas, edificios, estacionamientos e iluminación de las instalaciones exteriores, para poder satisfacer la demanda requerida de pasajeros y equipo de transporte.

3.3. CONSTRUCCION DE EDIFICACIONES

Después de analizar los procedimientos de construcción de la zona aeronáutica, se presentarán ahora los puntos más importantes que deben tomarse en cuenta en la construcción de los edificios que componen el aeropuerto. Dichos edificios pueden resumirse a los siguientes:

- Edificio Terminal de Pasajeros, que es generalmente el elemento identificador del aeropuerto.
- Edificio Anexo de Oficinas, que es el elemento de control de de las áreas exteriores y despachos de vuelo.
- Edificio Anexo Casa de Máquinas, que es el elemento donde van alojadas todas las instalaciones eléctricas y de ayudas del aeropuerto.
- Torre de Control, que constituye propiamente el elemento de control del espacio aéreo.
- Edificio del CREI, para el alojamiento de personal y equipo de rescate.

3.3.1. EDIFICIO TERMINAL

Los proyectos del Edificio Terminal de Pasajeros son generalmente complicados, ya que se trata de un elemento representativo del aeropuerto.

El proyectista trabaja con base en grandes espacios que complican el proceso constructivo y obligan tanto al constructor como al supervisor, a analizar las alternativas de procedimiento, para cubrir adecuadamente los aspectos relativos a los trabajos de rellenos, excavación, cimentación, superestructura, albañilería, acabados e instalaciones.

Debido a esto, cada aeropuerto presenta una solución distinta para el Edificio Terminal de Pasajeros.

Pero existen otros edificios cuyo proyecto puede utilizarse repetidamente en diferentes aeropuertos.

Estos edificios son los Anexos para oficinas y Casa de Máquinas, el CREI, así como el de Torre de Control.

3.3.2. EDIFICIOS ANEXOS

La concepción más conveniente y sencilla de su construcción, es la de las naves industriales comunes a base de marcos estructurales, siempre cimentados en zapatas corridas, ligadas con trabes de rigidización, tanto en la cimentación como en la superestructura. La techumbre se apoyará en el conjunto de marcos rígidos que se levantarán en número suficiente para dar las dimensiones deseadas al edificio.

Los muros que se requieran tanto en el exterior como en la distribución interior, serán de relleno y no de carga, lo que facilita su construcción y permite elegir materiales económicos, siempre y cuando las características de proyecto sean resistentes. La cancelería se adecuará a las condiciones y propósitos deseados, pudiendo utilizarse perfiles de aluminio o lámina de acero corrugada.

Los acabados interiores o exteriores, instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, y sistemas de control de ambiente, podrán diseñarse tan sencillo o complejo como se quiera.

Lo importante será , en el caso particular de los anexos para Casa de Máquinas, prever todos los ductos que se requieran para conducciones eléctricas e hidráulicas, tanto para servicios generales del propio aeropuerto, como para ayudas a la navegación aérea.

En el Anexo para Oficinas, será conveniente prever instalaciones para equipos de radio-comunicación, telex y meteorología.

3.3.3. EDIFICIO DEL CREI

Consiste típicamente en dos cuerpos constructivos: uno para alojar el personal en dos plantas y otro, un cobertizo para el estacionamiento de los vehículos para emergencias.

El cobertizo se trabajará como un elemento de tipo industrial, con una altura suficiente para el adecuado alojamiento de las unidades de rescate y ventilación; estará totalmente abierto en la zona de salida de las unidades, ligándose al cuartel por la parte posterior. En los costados habrán de levantarse muros que alojarán armarios que guarden los implementos de trabajo del personal.

Dentro del cobertizo preferentemente no deben existir obstáculos; por lo tanto se diseñara una techumbre adecuada para grandes claros, y evitar la presencia de columnas en su interior. Resultan convenientes los modernos sistemas de diseño a base de estructuras especiales aligeradas, donde se proponen soluciones convenientes.

El edificio para el alojamiento del personal no presenta mayores problemas, ya que su sistema constructivo es tipo, a base de estructuras de concreto armado es sus dos plantas.

3.3.4. TORRE DE CONTROL

Esta constituida principalmente por la parte inferior de la torre llamada atalaya y la parte superior formada por el fuste, sub-cabina y cabina de control.

La atalaya puede ser en forma de cuadros, pentágonos, hexágonos, círculos, etc., construyendose además, si se requiere, con la misma geometría que las cabinas.

Por razones de rapidez en ejecución de obra, el proceso constructivo de la atalaya, su colado es a base de cimbra deslizante lo que permitirá su realización en plazos de 72 a 96 horas.

La estructuración de la cimbra deslizante a base de duela y gatos hidráulicos se acomoda sobre el lecho alto de las contrataves colocadas inicialmente.

Después de colocar la duela en los costados, los gatos hidráulicos, para la elevación se plantan en sus barras guía y se disponen todos los elementos para un colado continuo.

Durante el proceso que una vez iniciado se deberá interrumpirse, un grupo de trabajadores, preparará el concreto y otro lo acarreará hasta el malacate que lo conduzca hasta el nivel de trabajo.

Los encargados de colado reciben el concreto, lo distribuyen y lo preparan para su vibrado, al tiempo que otro grupo va acomodando el acero de refuerzo sobre el nivel del colado.

Se tiene también un andamio perimetral, donde otras personas se harán cargo de afinar el acabado que va quedando expuesto durante el avance de la cimbra.

En el área del fuste se localiza principalmente el elevador, así como la escalera de caracol prefabricada, elementos de acceso

a subcabina y un pequeño ducto para las instalaciones.

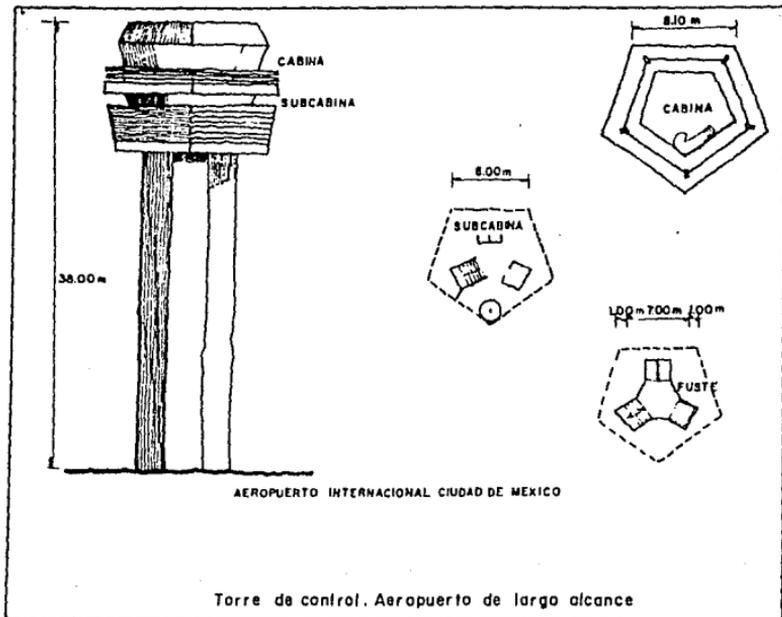
El área de subcabina está integrada por los elementos de concreto hidráulico, que constituyen una continuación del fuste. El techo de la subcabina sirve para el desplante de la cabina.

En esta subcabina se encuentran una serie de servicios tales como accesos para elevador y escalera, servicios sanitarios y áreas para el alojamiento de equipos.

El procedimiento constructivo se inicia con la colocación de los andamios, desde el nivel del terreno natural hasta alcanzar una altura aproximada de 18 m., para recibir dos losas de concreto con una separación de 50 cm que sirve para ductos e instalaciones, y es propiamente el piso de la subcabina.

La parte superior (techo de la subcabina) está compuesta por una losa doblemente armada y con las preparaciones necesarias para recibir domos de ventilación o iluminación. Dentro de la estructura existen travesaños principalmente de carga donde se localizan dados para el desplante de columnas metálicas por medio de anclas y bases, para la estructuración de la cabina.

La solución estructural en cabina está compuesta principalmente por cinco o seis columnas metálicas, con techo de losa de concreto doblemente armada.



3.4. CONSTRUCCION DE INSTALACIONES INDUSTRIALES

En este inciso, en forma similar al proyecto de instalaciones industriales del segundo capítulo, se presenta un panorama general de los elementos importantes que deben tomarse en cuenta en los procedimientos constructivos para instalaciones de almacenamiento de combustible, ayudas visuales y para las instalaciones electromecánicas, hidráulicas y sanitarias.

3.4.1. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS EN LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

Al igual que en el área de las edificaciones, convendrá desplantar la zona de almacenamiento de combustibles sobre un terraplén que la eleve sobre el terreno circundante, para permitir un adecuado drenaje superficial.

Los terraplenes se desplantarán sobre el terreno, previamente desmontado y despalmado, y se compactarán al 90% del P.V.S.M.

Antes de tender las carpetas, existen instalaciones que se alojarán en la capa subrasante, como son:

- Tuberías de conducción de agua de la red contra incendios.
- Conducciones para alimentación eléctrica.
- Tunerías para conducción de combustible.
- Conducciones para control de motores.

Posteriormente se rellenará y compactará según lo previsto, y se tenderá la carpeta de concreto hidráulico, con espesores de 15 cm a 20 cm.

En las áreas destinadas al tránsito vehicular, se podrán construir pavimentos flexibles.

Es importante señalar que al terminarse la construcción de las terracerías, se deberán construir las cimentaciones en que se apoyarán los tanques de almacenamiento.

Dicha cimentación será construída a base de soportes de mampostería o concreto hidráulico, apegándose a la geometría de los tanques.

La línea de distribución de combustible a plataforma se instalará, como se mencionó, antes del tendido de la carpeta, y se tendrá con una pendiente descendiente desde el almacenamiento hasta la plataforma, para aprovechar la gravedad en auxilio del bombeo.

Una vez terminada la línea de distribución, debe limpiarse haciendo pasar por ella un cepillo impulsado por aire comprimido, antes de que el combustible la llene.

En relación al edificio de control y vigilancia, tendrá un procedimiento sencillo tanto para estructuras como para acabados, recordando que se deberán prever las conducciones necesarias para alimentaciones eléctricas y control de los sistemas de bombeo.

3.4.2. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS PARA EL SISTEMA DE AYUDAS VISUALES Y SISTEMA DE ILUMINACION

Como se había mencionado anteriormente, la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) es la empresa encargada de suministrar energía eléctrica a los aeropuertos, y dependiendo de las tensiones que se reciban, se elegirán los equipos de transformación eléctrica encargados de dar las tensiones requeridas para el consumo de alumbrado y fuerza.

También se señaló que existen subestaciones eléctricas destinadas especialmente para las Ayudas Visuales, construidas de acuerdo a la tensión suministrada por C.F.E. y a la capacidad de servicio que proporcionarán.

Dichas subestaciones eléctricas son construidas esencialmente a base de gabinetes de lámina de acero fabricadas en secciones, atornilladas con flexibilidad para ampliaciones futuras.

En relación al cableado para ayudas visuales, es conveniente que cuando sigan una ruta por edificios, calles, banquetas o áreas pavimentadas, se canalicen los cables para obtener mayor facilidad de instalación y protección.

Esta canalización puede hacerse empleando ductos de concreto. Cuando la ruta del cableado se encuentre en lugares abiertos, como franjas de seguridad en pistas, rodajes y plataformas, el cableado podrá enterrarse directamente.

Si se trata de un gran número de cables y la distancia es corta, se pueden utilizar trincheras, con tapa de lámina o de concreto. También se podrán utilizar ductos metálicos, generalmente tubería conduit de pared gruesa galvanizada.

Es importante señalar que por norma deben construirse registros en los puntos de cambio de dirección, como cruces de pista, rodaje y plataformas. Por lo general, estos registros se construirán a cada 30 o 60 m, y sus dimensiones se adaptarán de modo que permitan la curvatura especificada para los cables.

A través de las subestaciones eléctricas y con el cableado requerido se proporcionará energía para las diferentes Ayudas Visuales Luminosas del Aeropuerto.

Otros elementos que deben considerarse con importancia, dentro de las Ayudas Visuales, son el cono de vientos y el faro giratorio.

El cono de vientos proporciona información respecto a la dirección del viento, y está construido a base de tela de nylon color blanco o naranja, debiendo ser a prueba de agua; estará montado en un soporte giratorio acoplado a un mástil y en su parte superior tiene una estructura de cuatro brazos horizontales a 90° entre sí, donde se instalan lámparas tipo reflector y luces de obstrucción.

El faro giratorio localiza e identifica el aeropuerto durante la aproximación visual, mostrando destellos blancos y verdes al girar en torno al eje vertical a una velocidad de 6 rpm. Generalmente se instala sobre la Torre de Control y debe contar con sistema de encendido y apagado automático a base de fotoceldas.

Dentro de los sistemas de iluminación, uno de los más importantes es el del alumbrado de la plataforma de operaciones. Este sistema debe considerar tanto el nivel como la uniformidad de la iluminación, así como reducir al máximo el brillo de la fuente de luz; de este modo se podrá dar mayor visibilidad a los operadores de Torre de Control, pilotos, pasajeros y personal de servicio.

El tipo de luminaria empleada para el alumbrado de plataforma de operaciones en los aeropuertos es a base de proyectores con lámpara de vapor de sodio de alta presión de 400 a 1 000 w, instalados en postes telescópicos de 16 m de altura.

Asimismo, se instalará luz de obstrucción doble de 100 w.

La ubicación de los postes de alumbrado en plataforma es a 9 m del borde de la misma y estarán separadas 90 m entre sí.

3.4.3. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO PARA INSTALACIONES ELECTROMECANICAS, SANITARIAS E HIDRAULICAS

Sería muy difícil hablar sobre instalaciones electromecánicas en forma general para todo el aeropuerto. Por lo tanto ahora se mencionarán sobre algunos elementos del aeropuerto en donde se requieren de dichas instalaciones. Algunas de estas, las correspondientes a las ayudas visuales ya se mencionarán en el inciso anterior. Por lo que sólo se centrará a las instalaciones en los edificios del aeropuerto.

a) Edificio Terminal

Por lo general, para proyectar el alumbrado en este edificio se toman en consideración las alturas de las áreas a iluminar, para alturas normales las luminarias que se emplean son de tipo empotrar de 38.5 w; así mismo, se usa iluminación incandescente de diferentes capacidades. En las áreas de doble altura se emplearán luminarias para lámparas de descarga, ya sea de vapor de mercurio o de vapor de sodio de alta presión.

b) Torre de Control

Sin lugar a dudas, la Torre de Control es un punto muy importante dentro del conjunto aeroportuario, ya que la mayoría de las actividades desarrolladas en él, giran alrededor de la Torre.

Algunas instalaciones requeridas en la Torre de Control son las siguientes:

- Planta de basamento: maquinaria y controles del elevador.
- Planta subcabina: gabinete con transmisores y receptores, gabinetes de comunicaciones y meteorología, grabadora y gabinete de

radio de enlace multicanal.

- Planta cabina: consola de control de canales de radio, consola control meteorológico, sistema de intercomunicación, consola de Ayudas Visuales y pistola de señales.
- Planta de azotea: faro giratorio, cono meteorológico, antenas para intercomunicación y señales, y sensores.

La iluminación de la Torre de Control en el basamento, fuste y subcabina se resuelve de la manera tradicional, no así en la cabina, donde se pide una iluminación con una luminaria que no produzca reflejos en los vidrios, pues éstos se pueden confundir con las luces de los aviones.

c) Edificio del CREI

Este edificio, como se sabe, está considerado para alojar los equipos de bomberos y su personal, y se le dota de los servicios e instalaciones apropiadas para producir un ambiente agradable a sus ocupantes.

La iluminación se resuelve tratando esta zona como habitacional; el cobertizo tiene una altura de 6 m colocándose luminarias tipo industrial de 110 w.

d) Edificios Anexos

El edificio Anexo de Oficinas contará con un sistema de iluminación a base de luminarias tipo empotrar fluorescentes, así como las instalaciones requeridas por Teléfonos de México, cuyos equipos se encuentran en este edificio.

El Edificio Anexo de Casa de Máquinas contará con instalaciones

de SENEAM, ayudas visuales y aire acondicionado, así como para equipos hidroneumáticos.

La iluminación es por medio de luminarias tipo industrial de 38.5 w, y para su distribución se considera la localización de los gabinetes de las subestaciones, con el fin de evitar tener las luminarias encima de éstos.

En relación a las instalaciones hidráulicas, el aprovisionamiento de agua se realiza, por lo general de un pozo profundo y en algunos casos se obtiene de la red municipal.

La conducción se efectuará por medio de una línea de tubería de asbesto-cemento o fierro galvanizado hasta la cisterna principal, desde donde se distribuirá para satisfacer las diferentes necesidades que se requieren en el aeropuerto; usualmente estas instalaciones son bajas y se encuentran en un intervalo de 5 a 15 l/s.

Al final de la conducción se construirá un tanque de almacenamiento y regularización, cuyo fin es transformar el régimen de llegada variable de salidas o demandas.

Para la distribución de agua en los edificios, se optará por el sistema de abastecimiento por presión, a través de un sistema hidroneumático o sistema de bombeo programado.

Las instalaciones sanitarias tendrán por objeto principal retirar las aguas utilizadas y materias de desecho; se efectúa por medio de tuberías y de acuerdo a los reglamentos sanitarios.

El sistema se divide en:

- Derivación o ramales

Enlaza los muebles sanitarios con las columnas y, pueden ser: derivación angular y derivación en colector. En el primer caso, el diámetro depende del tipo de mueble; en el segundo caso, varía con la pendiente y cantidad.

- Columnas o bajadas

Son tuberías verticales que se conectan en su parte inferior a los colectores y a la altura de cada piso; reciben las evacuaciones a través de los ramales.

- Colectores

Recogen y transportan horizontalmente el agua, y a fin de facilitar su limpieza, estarán dotados de registros, los que se colocan a distancias no mayores de 15 m.

3.5. CONTROL DE OBRA Y CONTROL DE CALIDAD

El control de obra y de calidad son unos de los puntos más fundamentales para la construcción de un obra civil. A través de ellos se logrará una planeación adecuada del programa de ejecución de obra y se obtendrá el nivel de calidad requerido en las especificaciones.

También por medio de dichos controles se podrá concluir la construcción del aeropuerto en el plazo señalado, iniciando la operación del mismo sin molestias; además se evitarán gastos innecesarios de mantenimiento debido a la mala calidad de los materiales.

A continuación se presentan los aspectos más importantes a considerar en los programas de control de obra y control de calidad.

3.5.1. CONTROL DE OBRA

En todo proceso constructivo se debe contar con una organización tal, que permita llevar a cabo una serie de actividades ordenadas y un sentido lógico, que puedan expresar, en forma gráfica los avances de obra en un período determinado.

Los aeropuertos se incluyen en este proceso de control y para ello se debe contar durante el desarrollo de la obra con un aparato de información que se encargue de analizar, ordenar, procesar y plasmar en un formato, una gráfica o en cifras, el estado físico y financiero de una obra en un momento determinado o de manera periódica constante.

Pero es necesario señalar, que el llevar un control de obra, no

necesariamente significa presentar los mencionados formatos de información, en los cuales se indique que está bien o mal el desarrollo de la obra, sino más bien evitar desviaciones en los recursos y lo que es más importante, conservar el orden lógico de ejecución de los trabajos de construcción.

Es muy importantes conocer desde sus inicios el desarrollo de una obra, y sobre todo evaluar su costo y conocer todos y cada uno de los elementos que integaran dicho costo.

Para ello se debe partir siempre del presupuesto inicial que es el que marca el arranque del programa de ejecución.

Así, teniendo en cuenta que se ha fijado un inicio, una terminación y un costo inicial, se deberá saber también con relación al tiempo cuales son los elementos constitutivos del programa de ejecución, para así valorarlos y estar en condiciones de saber cuales son los elementos de más peso durante su desarrollo.

Como se mencionó, en toda supervisión de una obra, se requiere contar con un grupo de apoyo para poder procesar toda la información que llega en forma dispersa procedente de los observadores físicos, llamados "chacadores", supervisores o sobrestantes, que proporcionan informes diarios.

Esta información debe procesarse para poder relacionarla con los informes que se plasmarán en las gráficas de avance.

Esta infraestructura de apoyo se denomina generalmente "Control de Obras", y está disponible exclusivamente para procesar los datos de campo, así como para llevar a cabo el control de la evolución de volúmenes de obra y su costo; no hay que olvidar que todo lo ejecutado físicamente se traduce en costo, que puede llevarse en forma diaria, semanal o mensual.

De esta forma, en una supervisión de obra se podrá contar con un organigrama que permita que la información llegue fácilmente, manteniendo una estrecha relación entre campo y gabinete.

Todo esto redundará en un control de obra ordenado y lógico, que permitirá la correcta ejecución de los trabajos de construcción del aeropuerto.

A continuación, de manera de ejemplo se muestra un programa de obra, el cual su objetivo es conocer las actividades que integran el concepto de obra y establecer las relaciones entre estas y sus tiempos de ejecución, además permite optimizar la utilización de los recursos logrando el mínimo costo.

Es factible llevar a cabo el programa de obra, siempre que se cumplan con las especificaciones y se definan las tecnologías de construcción adecuadas a las necesidades del proyecto.

El programa de obra consiste en hacer una lista de las actividades a desarrollar, posteriormente se determinan rendimientos conforme a la experiencia de las compañías constructoras, y finalmente, se calculan duraciones, fechas de iniciación y terminación de cada actividad.

Las ventajas que presenta este tipo de programas es que son sencillos de elaborar; son objetivos, ya que solo observando la gráfica se localizan los conceptos fundamentales, así como la fecha de inicio y termino de cada concepto.

PROGRAMA DE OBRA ARQUITECTONICO AEROPUERTO HERMANOS SERDAN HUEJOTZINGO PUEBLA

CONCEPTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC
BUILDING OFFICIAL												
OBRAS PRELIMINARES												
CIMENTACIONES												
MURIS												
ESTRUCTURAS												
INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS												
INSTALACIONES ELECTRICAS												
INSTALACION DE CONTROL												
RECURSIVAMENTE												
PLAFONES												
TECHOS												
CARPINTERIA												
HERNERIA												
CERRERIA												
VIDRIERIA												
REFORZAMIENTO DE SUPERFICIES CON PINTURA												
LIMPIEZA												
MOVIMIENTO DE MAQUINAS CIGUALA (BASE A)												
BUILDING OFFICIAL (CIGUALA BASE A)												
TORRE DE CONTROL												
OBRAS PRELIMINARES												
CIMENTACIONES												
ESTRUCTURAS												
MURIS												
INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS												
INSTALACIONES ELECTRICAS												
INSTALACION DE CONTROL (TORRE CONTROL)												
RECURSIVAMENTE												
PLAFONES												
TECHOS												
CARPINTERIA												
HERNERIA												
CERRERIA												
VIDRIERIA												
REFORZAMIENTO DE SUPERFICIES CON PINTURA												
LIMPIEZA												
CISTERNA GENERAL												
OBRAS PRELIMINARES												
CIMENTACIONES												
PREPARACION PLANTAS												
CISTERNA DEL CROFI												
OBRAS PRELIMINARES												
CIMENTACIONES												
PREPARACION PLANTAS												
EQUIPAMIENTO DEL SALON Y CUBICULO DE CONDUCTORES												
CISTERNA												
TUBERIA												
EQUIPOS AUXILIARES												

PROGRAMA DE DISTRIBUCION DE AGUA A EDIFICIOS												
TUBERIAS	}	G										
EQUIPOS AUXILIARES												
EQUIPOS DE DISTRIBUCION DE AGUA A EDIFICIOS												
TORNILLAS	}	H										
RODAPES												
EQUIPOS HIDRONORMALIZADOS												
CONEXIONES DE ALFAR VALVULAS												
RED INTERIORES PARA DESAJE Y TRATAMIENTO DE AGUA OSCEAL	}	I										
POZOS DE VISITA												
TERMINALES												
TUBERIAS Y CONEXIONES												
CANALIZACIONES												
RED EXTERIOR PARA DESAJE PLUVIAL												
POZOS DE VISITA	}	J										
TERMINALES												
TUBERIAS Y CONEXIONES												
INSTALACIONES PARA VALVULA DE CIERRE	}	K										
INSTALACIONES ELECTRICAS EXTERIORES												
CONDUCCIONES												
TUBERIAS												
APERTURAS												
EQUIPOS ESPECIALES												
EQUIPOS AUXILIARES												
SUBESTACION ELECTRICA RECEPTORA												
SUBESTACION ELECTRICA PARA OMBRES												
SUBESTACION ELECTRICA PARA SERVICIOS COMERCIALES												
PLACA DE EMERGENCIA												

PROGRAMA DE OBRA CIVIL DEL AEROPUERTO HERMANOS SERDAN HUEJOTZINGO, PUEBLA												
CONCEPTO												
	Y	I	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PISTAS 17 EN CALLES DE BORDAS 1 Y 2												
PLATEADOS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS												
TERRACERIAS												
OBRAS DE DESAJE												
TRABAJOS DIVERSOS												
PAVIMENTACION												
CAMINOS DE ACCESO, ESTACIONAMIENTO Y OBRAS COMPLEMENTARIAS												
TERRACERIAS												
OBRAS												
PAVIMENTACION												
CAMINO TERRESTRE ZONA DE INDUSTRIALES												
TERRACERIAS												
TRABAJOS DIVERSOS												
PAVIMENTACION												
INSTALACION DE CERCA												

3.5.2. CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad es un proceso que debe incluirse en toda obra de Ingeniería Civil, así como en cualquier actividad a realizar.

Se puede definir al Control de Calidad como el conjunto de esfuerzos, principios, prácticas y tecnología, destinados a mantener o superar la calidad de un producto o un servicio, haciéndolo al menor costo posible.

Existen cuatro aspectos fundamentales que deben incluirse en todo proceso de control de calidad.

- Establecimiento de normas de calidad
- Estimación de la concordancia con las normas
- Información oportuna y clara
- Acción cuando no se coincide con las normas

Estos aspectos deben considerarse para controlar la calidad del proceso constructivo de aeropuertos.

Es importante mencionar que la calidad de la obra es responsabilidad común tanto del supervisor como del constructor, y ambos deben vigilar el cumplimiento de las normas de calidad, evitando delegar responsabilidades en este aspecto.

El control de calidad en aeropuertos debe efectuarse en las siguientes tres etapas de acción:

a) Etapa Preventiva

Es el control de los materiales, naturales o producidos, que se emplearán en la construcción de algún concepto de obra, como por ejemplo, los materiales para la fabricación de un concreto hidráulico o una carpeta asfáltica, ya que si dichos materiales cumplen con las

características especificadas y son mezclados en las proporciones correctas, mediante procedimientos adecuados, se tendrá la seguridad de alcanzar los resultados deseados.

En esta etapa, las medidas correctivas que pudieran requerirse son generalmente sencillas y económicas.

b) Etapa de Verificación

Es el control de los conceptos de obra terminados para verificar que se hayan alcanzado los resultados deseados, como puede ser el grado de compactación de una terracería, la resistencia del concreto hidráulico o la estabilidad de un concreto asfáltico.

Si en esta etapa del control de calidad tuvieran que tomarse medidas correctivas, generalmente las correcciones serán muy difíciles y antieconómicas, pero la probabilidad de que se requieran medidas correctivas durante esta etapa es muy pequeña, si se efectúa un control de calidad preventivo adecuado.

c) Etapa de Historia

Es en esta etapa del control de calidad donde se resumen los resultados de las etapas anteriores, permitiendo el conocimiento de las características de los materiales empleados en la construcción y de los conceptos de obra terminados.

Si este conocimiento se difunde a nivel institucional, se facilita el mantenimiento de la obra, así como el seguimiento de su comportamiento y proporciona la experiencia necesaria para elaborar proyectos de aeropuertos futuros.

CAPITULO IV

ASPECTOS LEGALES DE LA OBRA

Los aspectos legales que intervienen en todas las obras civiles deben considerarse con mucha importancia, ya que sólo así se podrán llevar a cabo en forma correcta los trabajos de construcción.

En el presente capítulo se hará referencia a la licitación de la obra pública, que constituye una parte fundamental dentro de los aspectos legales de las obras, aeropuertos en este caso.

Para poder llevar a cabo una obra pública se ha previsto dentro del marco legal de la Nación, la necesidad de realizar licitaciones (concursos) de obra pública, con el fin de buscar las condiciones generales más favorables para el Estado.

La licitación de obra pública es el procedimiento mediante el cual se buscan las mejores condiciones disponibles para el Estado, en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad, etc. Para lograr dichas condiciones, han sido emitidas leyes que establecen bases, procedimientos, reglas, requisitos y demás elementos, con el fin de acreditar economía, eficacia, imparcialidad y honradez para el Estado.

Lo anterior ha quedado expresado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su Artículo 134, y con fundamento en el Artículo 71 de la misma, ha emitido la Ley de Obras Públicas, su Reglamento y las Reglas Generales para la Contratación y Ejecución de Obras Públicas y de Servicios Relacionados con las mismas para las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal, que es en sí el marco en el que se desenvuelven las licitaciones de obra pública.

A continuación se presentará una descripción general de los puntos que integran la Ley de Obras Públicas, para posteriormente expli-

car los procedimientos de Licitación de Obras Públicas.

4.1. LEY DE OBRAS PÚBLICAS

La ley de Obras Públicas se encuentra dividida en varios títulos, los cuales se describen en forma sucesiva a continuación:

TITULO PRIMERO

Denominado Disposiciones Generales

Establece que la ley de Obras Públicas es de orden público e interés social, y su objetivo principal es regular el gasto público y las acciones relativas a la planeación, programación, presupuestación, ejecución, conservación, mantenimiento, demolición y control de la obra pública.

TITULO SEGUNDO

Denominado de la Obra Pública

Comprende básicamente la planeación, programación y presupuestación de las obras.

En este título se expresan los requisitos que deben cumplir las dependencias o entidades para poder llevar a cabo obras públicas.

TITULO TERCERO

Denominado de las Infracciones y Sanciones

En este título se establecen los lineamientos para las sanciones, aplicables a los diferentes tipos de infracción que se pudieran cometer con relación a la Ley de Obras Públicas.

TITULO CUARTO

Denominado de los recursos Administrativos

Este título hace mención a los recursos administrativos de los que puede hacer uso el presunto infractor a la Ley de Obras Públicas en quien está reconviniendo una sanción, de acuerdo con el título anterior.

Como se mencionó anteriormente, existe también el Reglamento de la Ley de Obras Públicas, que pretende en general, dar continuidad a los principios que orientan la Ley de Obras Públicas, al establecer los mecanismos y procedimientos administrativos de regulación para dar agilidad y oportunidad a la realización de las obras con las mejores condiciones para el Estado, en un plano de equidad cuando éstas son realizadas por particulares.

En base a lo anterior, se han elaborado los procedimientos de licitación de Obras Públicas, que se describen a continuación.

4.2. PROCEDIMIENTOS DE LICITACION DE OBRA PUBLICA

Partiendo de que se han cumplido por parte de la dependencia o entidad, los requisitos para que ésta pueda ejecutar la obra pública, los procedimientos a seguir en función de la obra ejecutada serán los siguientes:

LICITACION DE OBRA PUBLICA POR CONVOCATORIA DIRECTA

Se elabora la convocatoria, recabándose las autorizaciones correspondientes y se publica dicha convocatoria, en cuando menos uno de los diarios de mayor circulación, tanto en la localidad donde se

van a ejecutar las obras como en la Ciudad de México; apeándose a lo establecido en el marco legal de referencia la convocatoria deberá contener cuando menos la siguiente información:

- a) Nombre de la empresa o entidad convocante
- b) Bases sobre las cuales la dependencia o entidad convoca a los interesados a participar en la licitación.
- c) Identificación de la licitación de que se trata, como puede ser:
 - Número de licitación
 - Localidad en donde se ejecutarán las obras
 - Título de la obra
- d) Fechas en que se realizarán las principales actividades de la licitación tales como:
 - Fecha límite para inscripciones
 - Fecha para la presentación y apertura de proposiciones
 - Fecha en que se dará a conocer el fallo de la licitación
- e) Los requisitos a cubrir por los interesados como pueden ser:
 - Capital contable con que deberán contar
 - Especialidades en que deberán estar clasificados, del Padrón de Contratistas del Gobierno Federal que lleva la Secretaría de Programación y Presupuesto.
 - Si es necesario que presenten las actas constitutivas y las modificaciones las mismas según el tipo de persona interesada.
 - Si es necesario que presenten su registro tanto como contratista del Gobierno Federal como el de la Cámara de la Industria que les corresponde.
 - Si es necesario que presenten alguna relación de los contratos

que tienen en vigor y de ser así que contenga las características que deberá contener dicha relación.

- Si es necesario que demuestren su capacidad técnica, de que manera lo harán.

- Si es necesario que informen con qué equipo cuentan para ejecutar las obras y de qué manera lo harán.

- Si se requiere alguna declaración del interesado en cuanto a demora de otros contratos o en cuanto a los integrantes de la empresa de que sean morales, etc.

- f) Si la dependencia o entidad otorgara anticipos y si es así para que deberán ser usados.
- g) Si la dependencia o entidad requiriera de algún plazo para notificar a los interesados si fueron o no aceptados en la licitación.
- h) Si existe algún costo de las bases de la licitación, de que monto y cuál será la forma de pago aceptada.
- i) En donde se llevará a cabo la presentación y apertura de proposiciones.
- j) Cuáles serán los lineamientos básicos para designar de entre los proponentes al que resultará ser el interesado adjudicatario.

2. De acuerdo con lo asentado en la convocatoria, la dependencia o entidad, inscribirá a las personas interesadas que cumplan con los requisitos establecidos procediendo a notificar por escrito la aceptación o rechazo del interesado; en caso de ser este último se deberá indicar las razones que lo motivan.

3. La dependencia o entidad elaborará las bases a que se sujetarán los interesados, para la elaboración y formulación de sus propuestas; dichas bases podrán ser las siguientes:

- a) Pliego de requisitos
- b) Modelo de escrito de proposición
- c) Forma para relacionar el equipo que se empleará en la obra
- d) Modelo para análisis detallado de precios unitarios
- e) Relación de trabajos por ejecutar
- f) Normas y/o especificaciones generales de construcción, y en su caso las normas y/o especificaciones particulares de la obra
- g) Programa y montos mensuales de obra y utilización de equipo
- h) Relación de conceptos y cantidades de obra para expresión de precios unitarios y monto total de la proposición.
- i) Resumen por partidas de la relación mencionada en el inciso anterior
- j) Modelo de contrato para obras a precios unitarios y tiempo determinado.
- k) Relación de planos

4. La dependencia o entidad proporcionará a las personas interesadas las bases de la licitación, de acuerdo a lo establecido en la convocatoria.

5. La dependencia o entidad notificará de la celebración de la licitación, de acuerdo con la Ley Orgánica de la Administración Pública, entre otros a:

- a) Secretaría de la Contraloría General de la Federación
 - b) Cámara Nacional de la Industria de la Construcción
 - c) En su caso al organismo de coordinación sectorial
 - d) Si procede a su organismo jurídico
 - e) A las demás dependencias o entidades que estuvieren involucradas en la realización de las obras
6. De acuerdo a lo que establece el marco legal de referencia, la dependencia o entidad procede a mostrar el sitio donde se realizarán las obras a las personas interesadas que así lo deseen, en una fecha determinada.
7. La dependencia o entidad procede a hacer las aclaraciones que se hayan derivado de las dudas presentadas por los interesados o bien de alguna circunstancia no considerada en las bases de la licitación, por medio de circulares aclaratorias.
8. Se procede a la sesión de presentación y apertura de proposiciones de acuerdo con lo siguiente:
- a) Se reúnen tanto las personas interesadas como los servidores públicos involucrados en el lugar, fecha y hora determinados para el efecto.
 - b) Quien preside el acto procede a pasar lista de asistencia
 - c) Se procede a dar lectura al procedimiento mediante el cual se recibirán las proposiciones.
 - d) Se procede a recibir las proposiciones y revisar genéricamente si éstas son presentadas de acuerdo con las bases ya establecidas; en el caso de que alguna proposición no se apege a

dichas bases, será rechazada.

- e) Procede a dar lectura a cuando menos el importe total de las proposiciones, que son admitidas.
 - f) Se procede a firmar por todos y cada uno de los presentes las proposiciones que fueron admitidas.
 - g) Para el caso en que las bases de la licitación se hubiere solicitado alguna garantía de seriedad de la proposición, se procede a entregar el recibo correspondiente, suscrito por el representante que haya designado la dependencia o entidad, en el que se deberá indicar en forma expresa en qué consiste la garantía.
9. Se revisan todas y cada una de las proposiciones admitidas, para saber cuál de ellas reúne las mejores condiciones, entre otras de eficacia, eficiencia y económicas, políticas y sociales; dicha revisión debe realizarse en un ambiente de imparcialidad y honradez. En el supuesto caso que ninguna de las proposiciones admitidas fuere conveniente para el Estado, dicha situación se hará constar en el dictamen correspondiente, documento que sirve como fundamento para fallo de la licitación.
10. Se procede a dar a conocer el resultado de la licitación en el lugar, fecha y hora señalada para el efecto, levantándose el acta correspondiente, en la que se hace constar el resultado de la licitación, dicho documento es suscrito por todos los presentes, aunque cabe mencionar que como en el acto de apertura, el hecho de que alguna persona no firme el acta no in-

valida el acto.

En resumen, para realizar un proyecto de gran magnitud como lo es un aeropuerto, será necesario someterlo a concurso, mediante una convocatoria, en donde se especifique lo siguiente:

- La convocatoria y los documentos de evaluación deberán ser claros, de no ser así, las cotizaciones serán erráticas y no será posible detectar la más conveniente.

- Las empresas invitadas deberán ser muy semejantes en:

- * Calidad Técnica
- * Calidad Administrativa
- * Especialidad Constructiva
- * Capacidad Financiera
- * Volumen de Obras Anuales

- Puntos bases para la realización de la convocatoria:

* El tiempo para presentar la proposición deberá ser razonable para no propiciar que las cotizaciones contengan omisiones, errores y apreciaciones sin bases fundamentadas.

* El tiempo sugerido para la construcción deberá ser razonable; para no orillar al contratista a falsear sus programas reales para reducir en forma positiva su tiempo de ejecución.

* Se deberá adicionar algún instrumento que ante cambios sustanciales de precios y materiales así como de mano de obra, permita su reajuste.

* Que existan fondos necesarios para la realización de la obra.

A continuación se presentan los términos en que se redacta dicha convocatoria:

CONVOCATORIA

En cumplimiento a la Ley de Obras Públicas y su Reglamento, se convoca a las personas físicas o morales que cuenten con registro en el padrón de contratistas de obras públicas o estén tramitando el mismo, a participar en el concurso para la adjudicación de obra por contrato.

NUM. DE LICITACION Y ESPECIALIDAD REQUERIDA	UBICACION	DESCRIPCION	LIMITE DE INSCRIPCION	APERTURA DE PROPOSICIONES	CAPITAL CONTABLE MINIMO
	Huejotzingo, Puebla	Construcción del aeropuerto de la Cd. de Puebla. Obra Civil	28 feb 1983	28 mar 1983	100

Las empresas participantes recibirán el 10 y 20 % del monto autorizado para el ejercicio destinados a iniciar los trabajos y a comprar los materiales y equipos permanentes en obra.

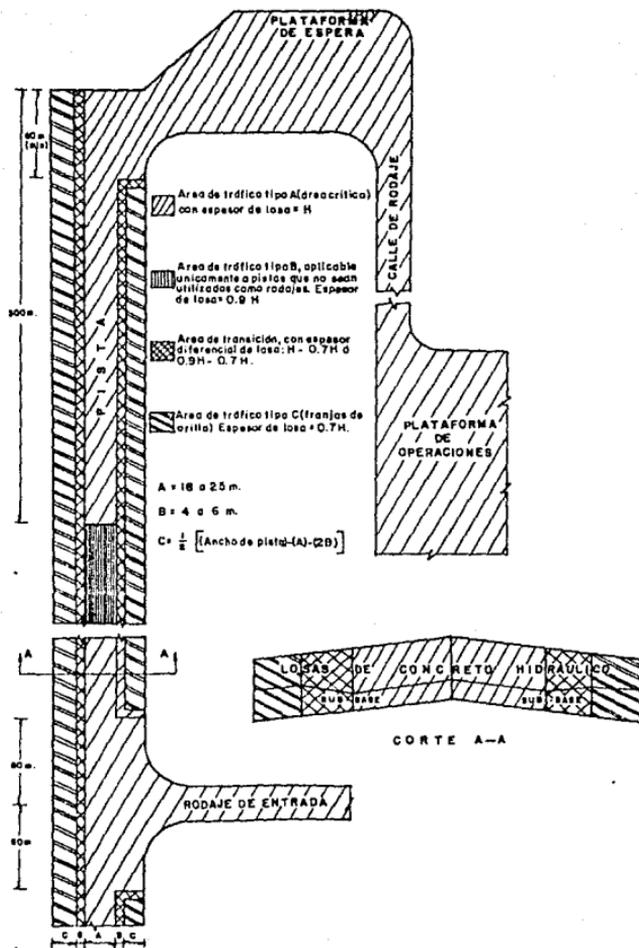
Requisitos que deben cumplir las empresas interesadas:

1. Documentación que compruebe el capital contable mínimo requerido.
2. Copia de su registro completo y autorizado en el padrón de contratistas de obras públicas.
3. Testimonio del acta constitutiva y modificaciones, en su caso.
4. Registro, en su caso, actualizado en la cámara de la industria

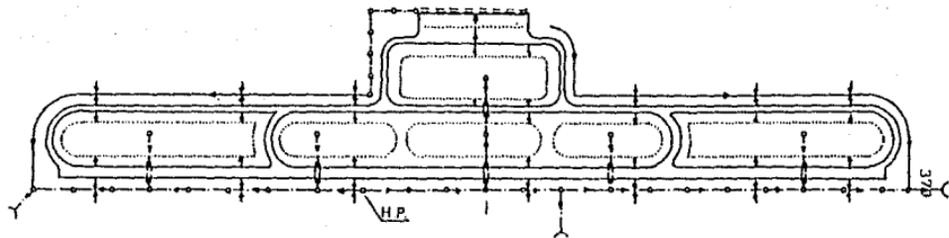
correspondiente.

5. Relación de los contratos de obra en vigor que tengan celebrados tanto en la administración pública, así como con particulares, señalando el importe total contratado y el importe por ejercer, desglosado por anualidades.
6. Documentación que compruebe su capacidad técnica.
7. Relación de conceptos y cantidades de obra para expresión de precios unitarios y monto total de la proposición.
8. Resumen de partidas.
9. Modelo para contrato de obras a precios unitarios y tiempo determinado.
10. Relación de planos

C O N C L U S I O N E S



Zonificación para reducción de espesores en los diferentes áreas de tránsito de un aeropuerto.



ESQUEMA DE DRENAJE

LEYENDA

- Colector
- Colector bajo curso de agua
- Curso de agua
- Fosa
- Conducto con rejilla
- Cruce bajo carretera
- Pozo de visita
- Registro
- Pretal y evacuacion hacia rio o drenaje existente
- Zona de concentracion

El tema de aeropuertos, como cualquier otro tipo de obra, es muy amplio debido a todas las etapas con que debe cumplir todo proyecto, es por esto que no es posible abarcarlo en toda su extensión.

Sin embargo, en cada tema se abordaron los aspectos más importantes dentro de la elaboración de un proyecto aeroportuario, desde su planeación hasta la construcción, todos de una manera general, de tal forma que se puedan apreciar y conocer los elementos que conforman la elaboración de una obra de infraestructura, como lo son los aeropuertos.

Todo proyecto que se elabore envuelve una gran diversidad de conocimientos y actividades, por las que debe pasar antes de ser realizado físicamente. Dentro del trabajo presentado se tratan los temas de Planeación, Proyecto y Construcción de aeropuertos.

Todos son de vital importancia, ya que sin la realización de uno, no es posible efectuar el siguiente, ya que la elaboración de cada uno tiene como objetivo lograr un aeropuerto que cumpla con la función para lo que fue creado, y no se hagan gastos innecesarios por no haberlo planeado bien desde el inicio.

De tal manera, que para la realización de un proyecto ejecutivo, es indispensable basarse en la planeación, la cual nos justifica la realización y nos proporciona los datos necesarios

para la ejecución del proyecto, para posteriormente realizar la construcción como culminación del trabajo realizado.

En cada etapa desarrollada se puede constatar la importancia del Ingeniero Civil dentro de la realización de cada una de ellas, ya sea en la planeación, para la localización de una zona óptima, así como en la realización de estudios que demuestren que es justificable el aeropuerto y que satisficará las necesidades para los que fue creado; o bien, en proyecto para que en función de los datos obtenidos y con las recomendaciones dadas por las organizaciones encargadas de normar el proyecto de aeropuertos, se elabore el proyecto presentandolo en planos y especificaciones, para que finalmente en la etapa de la construcción su participación sea el realizar la obra físicamente; logrando así la creación de una obra que beneficiará el desarrollo de una zona, que al unirla mediante este tipo de transporte, se unificara al país, aumentando la comunicación y por consecuencia su desarrollo.

En México, este desarrollo se ha ido notando considerablemente, en las últimas décadas, ya que fue en los años treinta cuando se inicia la construcción de pistas y aeródromos; y en 1965 únicamente ocho aeropuertos permitían la operación de turboreactores, siendo sólo los aeropuertos de Acapulco y Cd. de México, los únicos que operaban con aviones tipo jet B 707 y DC-8.

Tras iniciarse en 1965, el Plan Nacional de Aeropuertos, México ha logrado conformar una red aeroportuaria importante, brin-

dando así los diversos tipos de servicios que requiere la evolución del transporte aéreo.

De esta manera, la red aeroportuaria actual está constituida por más de 50 aeropuertos, de los cuales 38 permiten la operación de turborreactores; siendo los de mayor importancia los de Mérida, Acapulco, Tampico, México, Guadalajara, Tijuana y Monterrey, entre otros.

Así para 1990, se espera movilizar a 30 millones de pasajeros, que representa un incremento de 5 veces respecto al registrado en 1965, que fue de 5 millones.

Tal incremento se logro en tan sólo 25 años, por lo que demuestra el amplio desarrollo que se obtuvo en materia de aeropuertos.

Pero hay que considerar para el año 2000, la demanda que se espera es de 70 millones, requiere de que la infraestructura aeroportuaria se siga incrementando, creando nuevos aeropuertos y ampliando los actuales que así lo requieran.

Lo que significa seguir ampliando la red nacional, de tal manera que se logre obtener la capacidad requerida, manteniendo y mejorando el nivel de calidad, con el fin de proporcionar un servicio eficiente que pueda satisfacer la demanda esperada.

Además para conservar el nivel de calidad, es indispensable dar el debido mantenimiento a las instalaciones actuales, ya sea, renivelando y reencarpetando la zona de maniobras, o bien, realizando ampliaciones y remodelaciones de edificios terminales, así como de las demás zonas que forman el aeropuerto. Considerando también los debidos cambios que se tengan que realizar por modernización de las aeronaves y el equipo que requieran para su mantenimiento u óptimo funcionamiento, o bien ampliando la capacidad de las pistas, de acuerdo al número de operaciones que se presentarán, construyendo pistas paralelas, calles de rodaje y plataformas adicionales.

Para poder realizar este desarrollo del sistema aeroportuario, se requiere de profesionales capacitados en las distintas áreas que envuelve, en donde cada uno según su especialidad, ya sea Planeación, Proyecto, Construcción, etc., sean capaces de determinar las principales características físicas, económicas, financieras y sociales, con las cuales se debe tomar la decisión de aceptar o rechazar la realización de un aeropuerto.

Además se debe asegurar que los proyectos estén correctamente pianificados y que el diseño técnico debe ser el apropiado ajustandose a las normas establecidas por organizaciones nacionales e internacionales. Para que de esta manera no se realicen obras incoesteables e innecesarias.

Para lo cual, debe estar conciente de los problemas por los que atravieza el país y de las necesidades de la población, considerando que los medios e infraestructura de transporte son básicos para el desarrollo de un país, ya que es mediante ellos, el como se realizan las relaciones comerciales.

Por lo que, siempre el Ingeniero debe tener la suficiente preparación y capacitarse constantemente, con la conciencia de que las obras que va a realizar son para el beneficio y desarrollo del país, las cuales van a satisfacer las necesidades de este, haciendo uso de la finalidad de Ingeniería, que es el de crear obras que satisfagan las necesidades, utilizando óptimamente los recursos con los que cuenta, y de una manera económica.

A N E X O S

SUPERFICIE APROXIMADA REQUERIDA POR TIPO DE AEROPUERTO

CLASE	FUNCION PRINCIPAL DEL AEROPUERTO	SUPERFICIE DEL AEROPUERTO
1	Aviación ligera	100 ha
2	Aviación general	200 ha
3	Aviación comercial Transporte aéreo en líneas regulares de poco tránsito	200 ha a 400 ha
4	Aviación comercial Transporte aéreo en líneas regulares Líneas internas	400 ha a 800 ha
5	idem	600 ha a 1 100 ha
6	Aviación comercial Líneas para distancias medias regulares	1 100 ha a 1 500 ha
7	Aviación comercial Líneas para distancias largas regulares	1 500 ha a 3 000 ha

CARACTERISTICAS FISICAS Y OPERACIONALES DE LOS AVIONES (PERFORMANCE)

MODELOS	PESO MAX. DE DESP.	PESO MAX. DE ATERR.	PESO BASICO DE OPER.	PESO MAX. C/COMBUS.	NUMERO DE PASAJEROS	PESO POR PASAJERO	PESO TOTAL DE PASAJE.	PESO CORRIDO Y EXPRESS	CARGA PAGABLE TOTAL	TOTAL Audos
	lb - kg	lb - kg	lb - kg	lb - kg		lb - kg	lb - kg	lb - kg	lb - kg	
DOUGLAS DC-9-15	90619 41105	81627 37026	57350 23746	73932 33536	65	209.43 95	17802 8075	3780 1715	21582 9790	473
DOUGLAS DC-9-32	103000 46989	98100 44498	60800 27579	37000 39463	115	209.43 95	24005 10925	2115 959	26200 11884	473
DOUGLAS DC-9-82	147000 66679	128000 58061	80900 36696	22000 55339	155	209.43 95	32462 14725	3988 1809	36450 16534	473
BOEING B-727-200	190496 86409	142498 64636	101027 45826	139498 53503	155	198.41 90	30754 13950	8210 3727	38970 17677	500
DOUGLAS DC-6-51	285998 129729	199499 90493	141417 64147	173498 75699	153	198.41 90	30357 13770	1724 782	32081 14552	473
DOUGLAS DC-10-15	454990 206384	363494 164881	263046 110246	334023 151953	315	198.41 90	62500 28350	29447 13357	91947 41707	480
DOUGLAS DC-10-30	554990 251744	402993 182798	264109 119800	367993 165922	301	209.43 95	60049 28595	40844 18527	103884 47122	477
BOEING B-747	710000 322054	564000 255829	383750 174068	526509 231819	490	205 93	100450 45564	42300 19187	142750 64751	500

Aeropuertos	Dimensiones de las pistas (M)	Notas
Acapulco, Gro.	3300 X 45 1700 X 35	R 11 R
Aguascalientes, Aas.	3000 X 45	F N 2
Bahía de Huatulco, Oas.	2700 X 45	F 11
Compeche, Camp.	2500 X 45	F N 2
Cakaya, Gro.	2000 X 30	F N 3
Calima, Col.	2300 X 45	F N 2
Culiacán, Sin.	2300 X 45	F N 2
Canacán, Q. Roo.	3500 X 60	F 11
Ciudad Juárez, Chih.	2700 X 45 1750 X 35	R N 2 F
Ciudad del Carmen	1830 X 45	F N 2
Cd. Obregón, Son.	2500 X 40 1600 X 34	R 12 F
Cd. Victoria, Tamps.	2200 X 45	F N 2
Comrán, Chis.	2600 X 45	F N 2
Cozumel, Q. Roo.	2300 X 45	F N 2
Chetumal, Q. Roo.	2200 X 46	F 12
Chihuahua, Chih.	2600 X 45	F 12
Durango, Dgo.	2700 X 45 2000 X 45	F N 2
Guadalajara, Jal.	4000 X 60 1830 X 60	M 11 M
Guaymas, Son.	2350 X 45	F 12
Hermosillo, Son.	2300 X 45 1100 X 30	F 12
Itepec, Oax.	2300 X 45	F N 2
La Paz, B.C.S.	2500 X 45	F 11
León, Gro.	2400 X 30	F N 2
Loma Bonta, Oas.	2700 X 45	F N 3
Loreto, B.C.S.	2200 X 45	F 12
Los Mochis, Sin.	2300 X 45	M N 2
Manzanillo, Col.	2200 X 45	F 12
Mazatlán, Ssn.	2700 X 60	R 11
Mérida, Yuc.	2700 X 45 300 X 46	F 11
Mexicali, B. C.	2900 X 44	R 12

Aeropuertos	Dimensiones de las pistas (M)	Notas
México, D. F.	3900 X 45 3100 X 40 2300 X 40	F 11
Minatitlán, Ver.	2100 X 45	F N 2
Morelia, Mich.	2400 X 45	F N 2
Monterrey, N. L.	3000 X 45 1800 X 30	R 11 F
Nogales, Son.	1800 X 35	F 13
Nuevo Laredo, Tamps.	2300 X 45	F 12
Oaxaca, Oax.	2450 X 45	F N 2
Pozos Rico, Ver.	1800 X 45	F N 2
Puebla, Pue.	3600 X 45 1500 X 30	F N 2 F N 3
Pls. Escandido, Oax.	2750 X 60 3100 X 45	F 12
Reynosa, Tamps.	1900 X 45	F 12
San José del Cabo, B.C.S.	2200 X 45	F 12
San Luis Potosí, S.L.P.	2300 X 45	F N 2
Santa Lucía, Méx.	3457 X 78	F M 1
Tampico, Tamps.	2550 X 45	F 12
Topachula, Chis.	2240 X 45	F 12
Tepec, Nay.	1800 X 35	F N 3
Tijuana, B. C.	2500 X 60 2000 X 45	R 11
Tlaxcala, Tlax.	2500 X 30	F N 3
Torreón, Coah.	2250 X 40	F 12
Tuxtla, Grt. Chi.	2500 X 45	F N 2
Uruapan, Mich.	1900 X 45	F N 3
Veracruz, Ver.	2400 X 45 1500 X 45	F 11
Villahermosa, Tab.	2200 X 45	M N 2
Zacatecas, Zac.	3000 X 45	F N 2
Zihuatanejo, Gro.	2500 X 60	F 11
Notas		
F Pav. flexible	1: Almacenaje largo	
B Pav. rígido	2: Almacenaje medio	
M Pav. muelle	3: Almacenaje corto	
N Nacional	Mi. México	
I Internacional		

Lista de algunos aeropuertos en la República Mexicana en la que se indican la longitud y el ancho de las pistas.

TERMINOS COMPRENDIDOS EN EL CAPITULO DE PROYECTO

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

ALCANCE VISUAL EN LA PISTA (RVR): Distancia a la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de una pista puede ver las señales de superficie de la pista o las luces que la delimitan o que señalan su eje.

APARTADERO DE ESPERA: Area definida en la que puede detenerse una aeronave, para esperar o dejar paso a otras, con objeto de facilitar el movimiento eficiente de la circulación de las aeronaves en tierra.

AREA DE ATERRIZAJE: La parte de un área de movimiento que está destinada al aterrizaje o despegue de las aeronaves.

AREA DE MANIOBRAS: Aquella parte del aeródromo que debe usarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, excluyendo las plataformas.

AREA DE MOVIMIENTO: La parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de las aeronaves, integrada por el área de maniobras y la(a) plataforma(s).

AREA DE SEGURIDAD DE EXTREMO DE PISTA (RESA): Area simétrica respecto a la prolongación del eje de la pista y adyacente al extremo de la franja, cuyo objeto principal consiste en reducir el riesgo de daños a un avión que efectúe un aterrizaje demasiado corto o un aterrizaje demasiado largo.

AREA DE SEÑALES: Area de un aeródromo utilizada para exhibir señales terrestres.

BALIZA: Objeto expuesto sobre el nivel del terreno para indicar un obstáculo o trazar un límite.

BARRETA: Tres o más luces aeronáuticas de superficie, poco espaciadas y situadas sobre una línea transversal de forma que se vean como una corta barra luminosa.

CALLE DE RODAJE: Vía definida en un aeródromo terrestre, establecida para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte del aeródromo, incluyendo:

a) Calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronave. La parte de una plataforma designada como calle de rodaje y destinada a proporcionar acceso a los puestos de estacionamiento de aeronave solamente.

b) Calle de rodaje en la plataforma. La parte de un sistema de calles de rodaje situada en una plataforma y destinada a proporcionar una vía para el rodaje a través de la plataforma.

c) Calle de salida rápida. Calle de rodaje que se une a una pista en un ángulo y está proyectada de modo que permita a los aviones que aterrizan virar a velocidades mayores que las que se logran en otras calles de rodaje de salida y logrando así que la pista esté ocupada el mínimo tiempo posible.

COEFICIENTE DE UTILIZACION: El porcentaje del tiempo durante el cual el uso de una pista o sistema de pistas no está limitado por la componente transversal del viento (componente del viento en la superficie que es perpendicular al eje de la pista.

ELEVACION DEL AERODROMO. La elevación del punto más alto del área de aterrizaje.

FARO DE AERODROMO: Faro aeronáutico utilizado para indicar la posición de un aeródromo desde el aire.

FARO DE IDENTIFICACION: Faro aeronáutico que emite una señal en clave, por medio de la cual puede identificarse un punto determinado que sirve de referencia.

FRANJA DE CALLE DE RODAJE: Zona que incluye una calle de rodaje destinada a proteger a una aeronave que esté operando en ella y a reducir el riesgo de daño en caso de que accidentalmente salga de ésta.

FRANJA DE PISTA: Una superficie definida que comprende la pista y la zona de parada, si la hubiese, destinada a:

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

INDICADOR DE DIRECCION DE ATERRIZAJE: Dispositivo para indicar visualmente la dirección designada en determinado momento, para el aterrizaje o despegue.

LONGITUD DE CAMPO DE REFERENCIA DEL AVION: La longitud de campo mínima necesaria para el despegue con el peso máximo homologado al despegue al nivel del mar, en atmósfera tipo, sin viento y con pendiente de pista cero, como se indica en el correspondiente manual de vuelo del avión, prescrito por la autoridad que otorga el certificado, según los datos equivalentes que proporcione el fabricante del avión. Longitud de campo significa longitud de campo compensado para los aviones, si corresponde, o distancia de despegue en los demás casos.

MARGEN: Banda de terreno que bordea un pavimento, tratada de forma que sirva de transición entre ese pavimento y el terreno adyacente.

OBSTACULO: Todo objeto fijo (tanto de carácter temporal como permanente) o móvil, o parte del mismo, que esté situado en un área destinada al movimiento de las aeronaves en tierra o que sobresalga de una superficie definida destinada a proteger a las aeronaves en vuelo.

PISTA: Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves.

PISTA DE VUELO POR INSTRUMENTOS: Uno de los siguientes tipos de pista destinados a la operación de aeronaves que utilizan procedimientos de aproximación por instrumentos:

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

b) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría I. Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS y por ayudas visuales destinadas a operaciones hasta una altura de decisión de 60 m (200 ft) y un alcance visual en la pista del orden de 800 m.

c) Pista para aproximaciones de precisión de Categoría II. Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS y ayudas visuales destinadas a operaciones hasta una altura de decisión de 30 m (100 ft) y un alcance visual en la pista del orden de 400 m.

d) Pista de aproximación de precisión de Categoría III.

Pista de vuelo por instrumentos servida por ILS hasta la superficie de la pista y a lo largo de la misma, y

A - Destinada a operaciones hasta un RVR del orden de 200 m (sin altura de decisión aplicable), utilizando ayudas visuales durante la fase final del aterrizaje.

B - Destinada a operaciones hasta un RVR del orden de 50 m (sin altura de decisión aplicable), utilizando ayudas visuales para el rodaje.

C - Destinada a operaciones en la pista y calles de rodajes sin depender de referencias visuales.

PISTA DE VUELO VISUAL: Pista destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos visuales para aproximación.

PISTA(S) PRINCIPAL(ES): Pista(s) que se utiliza(n) con preferencia a otras siempre que las condiciones lo permitan.

PLATAFORMA: Area definida, en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, reaprovisionamiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

PUESTO DE ESTACIONAMIENTO DE AERONAVE: Area designada en una plataforma, destinada al estacionamiento de una aeronave.

PUNTO DE ESPERA EN RODAJE: Punto designado en el que se puede ordenar

a las aeronaves en rodajes y a otros vehículos, que esperen, a fin de que operen adecuadamente separados de la pista.

PUNTO DE REFERENCIA DE AERODROMO: Punto cuya situación geográfica designa al aeródromo

SEÑAL: Símbolo o grupo de símbolos expuestos en la superficie del área de movimiento a fin de transmitir información aeronáutica.

SEÑAL DE IDENTIFICACION DE AERODROMO: Señal colocada en un aeródromo para ayudar a que se identifique el aeródromo desde el aire.

SERVICIO DE DIRECCION EN LA PLATAFORMA: Servicio proporcionado para regular las actividades del movimiento de aeronaves y vehículos en la plataforma.

UMBRAL: Comienzo de la parte de pista utilizable para el aterrizaje.

UMBRAL DESPLAZADO: Umbral que no está situado en el extremo de la pista.

ZONA DE PARADA: Area rectangular definida en el terreno situado a continuación del recorrido de despegue disponible, preparada como zona adecuada para que puedan pararse las acro-

naves en caso de despegue interrumpido.

ZONA DE TOMA DE CONTACTO: Parte de la pista, situada después del umbral, destinada a que los aviones que aterrizan hagan el primer contacto con la pista.

ZONA LIBRE DE OBSTÁCULOS: Area rectangular definida en el terreno o en el agua y bajo control de la autoridad competente, designada o preparada como área adecuada sobre la cual un avión puede efectuar una parte del ascenso inicial hasta una altura especificada.

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

- Metodología para determinar la factibilidad económica y financiera de proyectos aeroportuarios
(SINTESIS) S A H O P D.G.A. (1982)

- Metodología para determinar la factibilidad económica y financiera de proyectos aeroportuarios
FASE I. Análisis de la demanda
FASE II. Oferta de Infraestructura
FASE III. Evaluación económica y financiera
S A H O P D.G.A. (1982)

- Anexo 14 Aerodrómos
Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)
8ª Edición (1983)

- Manual de proyecto de aeródromos
Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)
Parte 2 (1979)

- Introducción al proceso constructivo
Ernesto Mendoza Sánchez
Facultad de Ingeniería (1983)

- Plan Maestro del Aeropuerto de San Luis Potosi
D.G.A. (1982)

- Plan Maestro del Aeropuerto de la Cd. de México
D.G.A. (1982)

- Vías de Comunicación
Caminos, ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos
Carlos Crespo Villalaz (1979)

- Estructuración de Vías Terrestres
Fernando Olivera Bustamante (1988)

- Ingeniería de Aeropuertos
Módulos: Planeación, Proyecto y Construcción
S.C.T. Dirección General de Aeropuertos (1986)

- Proyecto de Aeropuertos
Carlos Medina Fuentes
Tesis Profesional I.P.N. (1985)

- Proyecto del Aeropuerto Hermanos Serdán
Huehotzingo, Puebla
Rodolfo Escobar Montes
Tesis Profesional I.P.N. (1982)

- Proyecto del Aeropuerto de Cancún, Quintana Roo

Rogelio Zamora, Gonzalo Huitrón

Tesis Profesional I.P.N. (1980)

- Seminario de Aeropuertos

I.P.N. (1984)