

40
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"PLANEACION Y CONSTRUCCION DE UN
AEROPUERTO"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
PASTOR MARTINEZ PEREZ



MEXICO, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

270453

1977



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVÓNOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-112/96

Señor
PASTOR MARTINEZ PEREZ
Presente.

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

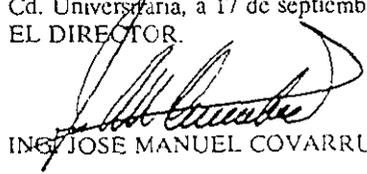
"PLANEACION Y CONSTRUCCION DE UN AEROPUERTO"

- INTRODUCCION**
- I. PROYECTO DEL AEROPUERTO**
 - II. PISTAS Y PLATAFORMAS**
 - III. DISEÑO DEL EDIFICIO TERMINAL**
 - IV. DRENAJE Y PAVIMENTOS EN UN AEROPUERTO**
 - V. SEÑALIZACION Y ALUMBRADO**
 - VI. ZONA DE COMBUSTIBLE**
 - VII. SEGURIDAD EN AEROPUERTOS**
 - VIII. IMPACTO AMBIENTAL**
 - IX. ETAPAS DE CONSTRUCCION DE UN AEROPUERTO**
 - X. CONCLUSIONES**

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

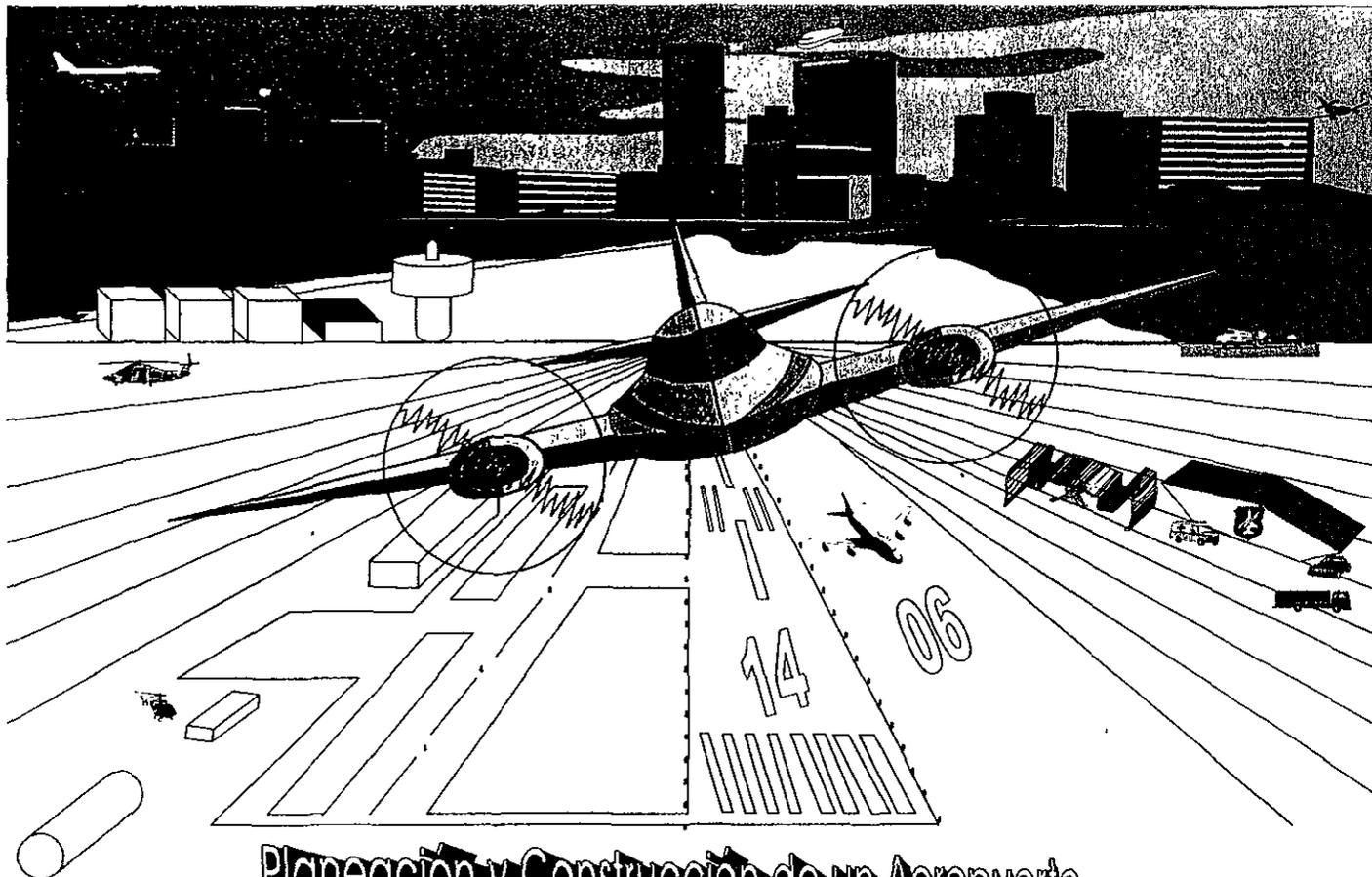
Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 17 de septiembre de 1996.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP*jhr





Planeación y Construcción de un Aeropuerto

Pastor Martínez Pérez

AGRADECIMIENTOS:

UNIVERSIDAD:

Por que en ella me forje como universitario.

FACULTAD DE INGENIERIA:

Por haberme dado la experiencia de sus profesores, su conocimiento su confianza y su dedicación; amigos, compañeros, y grandes profesores.

INGENIEROS PROFESORES:

A todos aquellos que me dieron las herramientas necesarias para formarme como Ingeniero, Persona y ser Humano

GRACIAS

AGRADECIMIENTOS:

A MIS PADRES: CONCEPCION PEREZ

HIPOLITO MARTINEZ

MIS HERMANOS: PILAR MARTINEZ

JOSE M. MARTINEZ

Un especial agradecimiento por todo el apoyo que me brindaron, por su confianza en los primeros años de estudio.

Y a todos mis hermanos por su apoyo.

A MI ESPOSA: OLIVIA VAZQUEZ

A MI HIJA: KARLA MARTINEZ

A mi esposa que siempre estuvo conmigo a todo lo largo de la carrera, por su confianza, por su paciencia, por su motivación y por haberme dado una hija que me ha motivado aun más para seguir siempre adelante.

A todos aquellos que ayudaron con sus consejos y opiniones para la realización de este trabajo.

A mi director de tesis Ing. Miguel Morayta Martinez por su gran disposición para dirigir este trabajo, sus consejos y conocimientos.

GRACIAS.

PLANEACION Y CONSTRUCCION DE UN AEROPUERTO

INTRODUCCION.....	I
-------------------	---

CAPITULO 1.- PROYECTO DEL AEROPUERTO.

EL SISTEMA AEROPORTUARIO.	1
PLAN MAESTRO DEL AEROPUERTO.....	7
CLASIFICACION DE UN AEROPUERTO.....	17

CAPITULO 11.- PISTAS Y PLATAFORMAS.

EL SISTEMA DE PISTAS.....	19
OPERACION DE UNA PISTA.....	22
ORIENTACION Y NUMERO DE UNA PISTA.....	30
CONFIGURACION DE PISTAS.....	35
CALLES DE RODAJE.....	40
PLATAFORMAS.....	51

CAPITULO 111.- DISEÑO DEL EDIFICIO TERMINAL.

FUNCIONES DE UNA TERMINAL AEREA DE PASAJEROS.....	54
TERMINAL PARA USUARIOS.....	55
FACILIDADES REQUERIDAS PARA UNA TERMINAL DE PASAJEROS..	55
ACCESO Y LADO TERRESTRE EN LA INTERFACE.....	56
AREAS DE PROCESAMIENTO.....	56
AREAS DE SOSTENIMIENTO.....	56
CIRCULACION INTERNA Y LADO AEREO DE LA INTERFACE.....	57
LINEA AEREA Y ACTIVIDADES DE SOPORTE.....	57
FLUJO DE PASAJEROS Y EQUIPAJE.....	58
SEGURIDAD Y CONSIDERACIONES PARA DISEÑO DE TERMINAL...	58
CONCEPTOS EN CUANTO AL DISEÑO DE LA TERMINAL.....	60
DISTRIBUCION VERTICAL DE ACTIVIDADES.....	62
COMPORTAMIENTO DE PASAJEROS EN LA TERMINAL.....	63

IMPORTANCIA DE LA EXTENCION EN LA TERMINAL.....	63
REQUERIMIENTOS DE ESPACIO PARA FACILIDADES INDIVIDUALES	64
EQUIPAJE.....	65
ANALISIS DE FLUJO ATRAVES DE LA TERMINAL.....	67
CONFIGURACION DE ESTACIONAMIENTOS.....	67

CAPITULO IV.- DRENAJE Y PAVIMENTO EN UN AEROPUERTO.

ESCURRIMIENTO.....	68
DISEÑO CANALES ABIERTOS.....	69
SUPERFICIE DEL DRENAJE.....	69
PAVIMENTO ESTRUCTURAL.....	70
DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	70
DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO.....	70

CAPITULO V.- SEÑALIZACION Y ALUMBRADO.

REQUERIMIENTOS DE LOS PILOTOS EN LAS AYUDAS VISUALES.....	71
OPERACIONES DE ATERRIZAJE DE UNA AERONAVE.....	71
ESPACIO AEREO CONTROLADO Y NO CONTROLADO.....	71
ASISTENCIA DE NAVEGACION.....	72
BALIZAS DE MARCADOR.....	72
LAS COMUNICACIONES.....	73
AEROPUERTO ILUMINADO.....	73
LA PISTA DE ATERRIZAJE.....	74
LA PISTA DE ATERRIZAJE LINEA CENTRAL.....	74
SEÑALAMIENTO DE OBSTACULOS.....	77

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLE.....	80
---	----

CAPITULO VII.- SEGURIDAD EN AEROPUERTOS.

LA NATURALEZA DE UN ACCIDENTE AEREO.....	105
LIMITE DEL AREA DE PISTAS.....	105

EXPANSIÓN EN PISTAS AEREAS SEGURAS Y ZONAS CLARAS.....	106
ZANJAS DE DRENAJE.....	106
TERMINACION DE PISTAS CERCA DE GRANDES CUERPOS DE AGUA.....	106
CAMINOS.....	107
VIAS DE TREN.....	107
DISEÑO DE PISTAS PARA SEGURIDAD.....	108
MEDIDORES DE VIENTO.....	108
PAVIMENTACION.....	109
INCENDIOS Y OPERACION DE RESCATE.....	109
SALVAMENTO DE UN AEROPUERTO CONTRA INCENDIOS.....	110
RESCATE DE AEROPUERTOS Y DISEÑO DE ESTACIONES CONTRA INCENDIOS.....	110

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

ESTUDIOS METEOROLOGICOS.....	112
ESTUDIOS DE ESPACIO AEREO.....	112
ESTUDIOS DE RUIDO.....	113
IMPACTOS SOCIOECONOMICOS.....	120
MEDIDAS Y ANALISIS DEL SONIDO.....	120
PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE IMP.AMB.....	134
TECNICAS DE EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	136

CAPITULO IX.- ETAPAS DE CONSTRUCCION DE UN AEROPUERTO

PRELIMNARES.....	154
TRAZO DEFINITIVO.....	154
DESMONTE.....	155
DESPALME.....	155
MATERIALES PETREOS.....	156
CORTES Y TERRAPLENES.....	156
CONSTRUCCION DE EDIFICIOS.....	158
TRABAJOS PRELIMINARES.....	158
ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO.....	159
ACERO DE REFUERZO.....	162
CIMBRA.....	163
ELABORACION Y COLOCACION DE CONCRETO.....	163
CURADO DEL CONCRETO.....	165
CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS.....	168
COMPACTACION DE LA SUBRASANTE.....	171
PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO O FLEIXIBLE.....	172

CONTRUCCION DE LA BASE.....	173
CARPETA ASFALTICA.....	175
CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO.....	177
DRENAJE DEL AEROPUERTO.....	181
DRENAJE PLUVIAL.....	182
CONSTRUCCION DEL SUB-DRENAJE.....	186
DRENAJE SANITARIO E INDUSTRIAL.....	187
IX.- CONCLUSIONES	188
BIBLIOGRAFÍA	189

1.- INTRODUCCIÓN

El país necesita una infraestructura más extensa y sólida, requiere de la intervención de los diferentes campos de la INGENIERIA para poder crearla y fortalecerla.

Esto permitirá un mayor desarrollo colocándose entre los países con mejores vías de comunicación hacia el próximo siglo.

Esta tesis está enfocada a una de las vías de comunicación más importantes tanto a nivel nacional como internacional; debemos tomar en cuenta que la tecnología está evolucionando constantemente y se necesita estar preparados para dichos cambios, ya que se requerirán nuevos sistemas de comunicación y construcción más eficientes.

La realización de la presente tesis trata los aspectos indispensables y necesarios para la planeación y construcción de un aeropuerto en cualquier parte del mundo, es su objeto el dar a conocer la importancia de tomar en cuenta las diversas etapas que intervienen, ya que la ignorancia de alguna de ellas nos repercutirá en las otras.

Las soluciones que se propongan deben garantizar a corto, mediano y largo plazo el funcionamiento del aeropuerto.

CAPITULO I.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

EL SISTEMA AEROPORTUARIO

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

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

Un aeropuerto típico está formado por un conjunto de sistemas que permiten la eficiencia de los servicios demandados. (Ver figura 1-1).

A) Sistemas de Espacios Aéreos.

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

El espacio aéreo cuenta con superficies limitadoras de obstáculos que permiten a las aeronaves realizar operaciones adecuadas y seguras, mismas que se representan por superficies que parten de la pista con cierta pendiente, entre las cuales tenemos:

Superficie de ascenso en el despegue

Superficie de aproximación.

Superficie de aterrizaje interrumpido o de aproximación fallida.

Superficie horizontal interna.

Superficie cónica.

Superficie de transición.

CAPITULO I.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Superficie de transición interna.

Superficie horizontal externa

El tamaño del espacio aéreo, depende del número de pistas, condiciones meteorológicas que prevalecen en la zona, tipo de aviones que harán uso del aeropuerto y de la cercanía con otros aeropuertos. (Ver figura 1-2).

B) Sistema Aeronáutico Terrestre.

Pista. Es una área de forma rectangular libre de obstáculos.

Calles de rodaje. Son el enlace entre la pista y la plataforma.

Plataformas. Son áreas destinadas a las aeronaves para el embarque y desembarque de pasajeros, carga y correo, ahí también se proveen de combustibles y se les verifica e inspecciona de manera general sin obstaculizar el tránsito.

C) Sistema Terminal. Edificio Terminal Torre de Control.

D) Sistema de Ayudas Visuales.

Ayudas visuales luminosas. Faro de identificación, luces guía para el vuelo sin circuito, sistema indicador de pendientes, protector de techos, equipo luminoso auxiliar para la torre de control, iluminación de pistas, etc.

Ayudas visuales no luminosas. Paneles de señales terrestres, señales designadoras de pistas, señales de placa, señales de orientación, etc.

CAPITULO L- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Luminosas o no luminosas. Indicador de la dirección de aterrizaje, indicador de la dirección de vientos, etc.

E) Sistema Terrestre.

Caminos de acceso. Proporciona la conexión entre el área terminal y las mejores rutas a la población; dentro del aeropuerto, se tienen los caminos de intercomunicación que permiten el desplazamiento en el interior del mismo, uniendo así a las instalaciones separadas del núcleo principal.

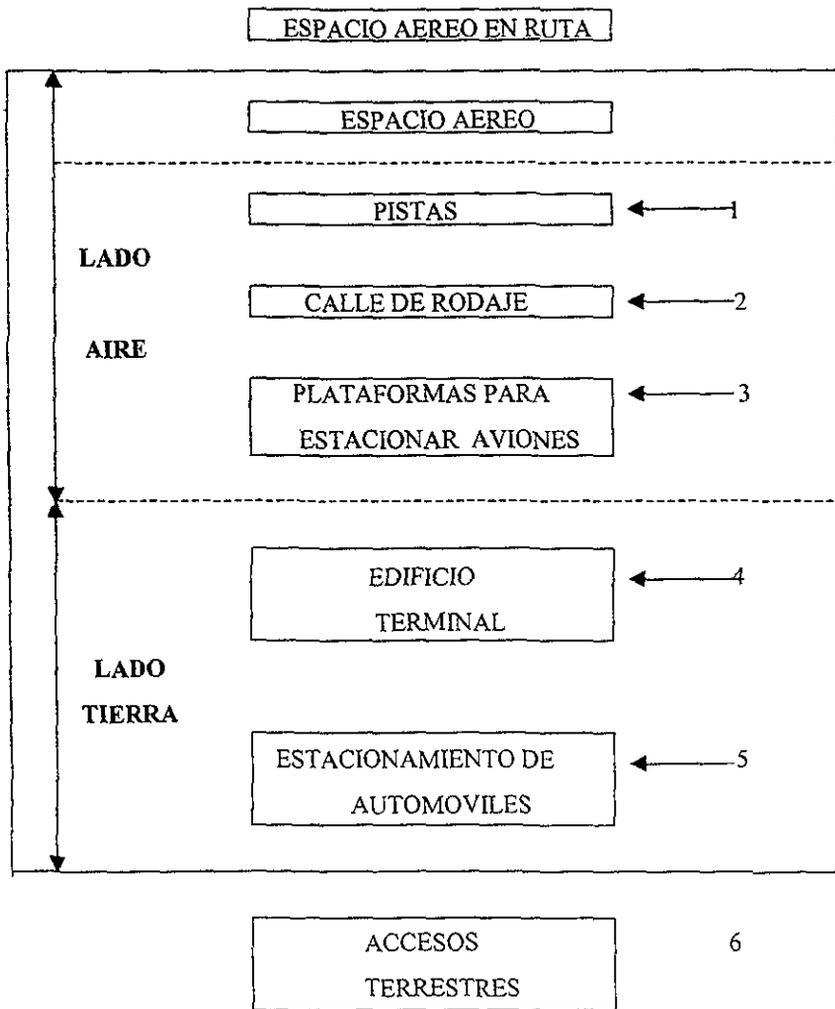
Arcas de estacionamiento. El estacionamiento se proyecta con suficiente capacidad para alojar los vehículos de pasajeros ejecutivos, empleados y espectadores.

F) Sistema Complementario.

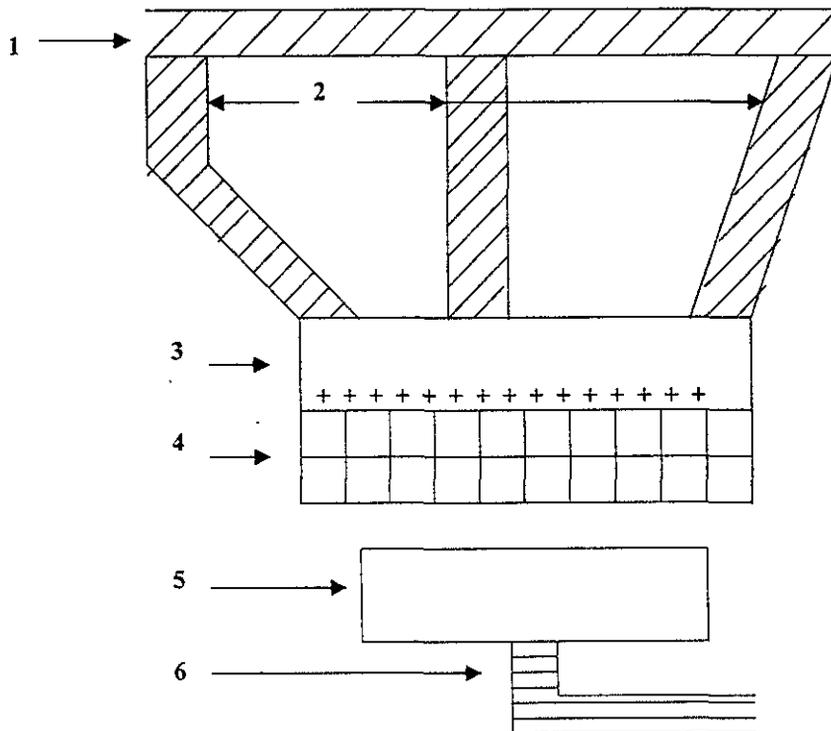
Representado por los suministros de energía eléctrica y agua, así como los destinados a la Alimentación y distribución de combustibles.

CAPITULO I. - PROYECTO DEL AEROPUERTO

FIG. I- 1

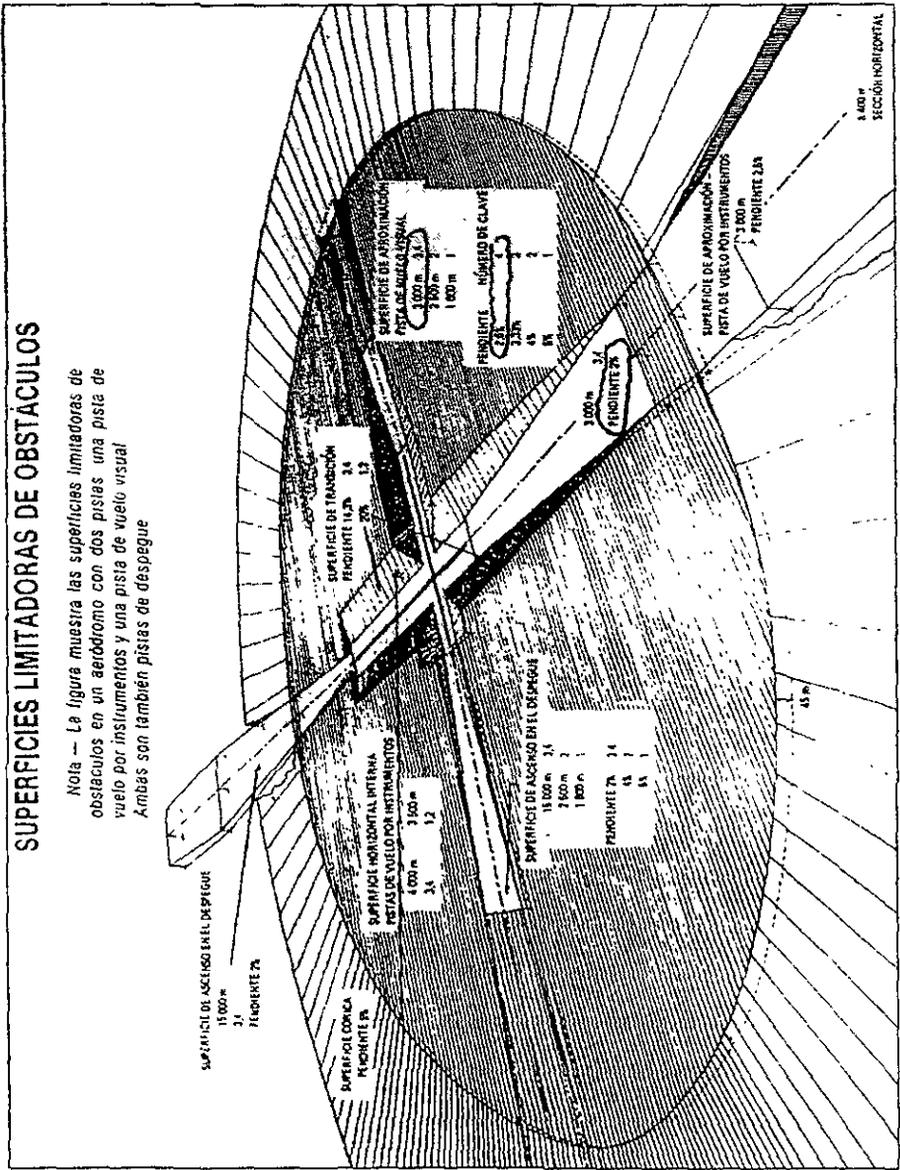


CAPITULO I. - PROYECTO DEL AEROPUERTO



CAPITULO I. - PROYECTO DEL AEROPUERTO

FIG. 1-2



PLAN MAESTRO DEL AEROPUERTO

El plan maestro del aeropuerto es un concepto que explica el desarrollo total de un aeropuerto y sus diferentes etapas constructivas; el cuál contiene los aspectos de mayor relevancia, como la estimación de costos y el plan financiero.

El plan maestro debe ser flexible para que permita ampliaciones parciales de cada uno de los elementos logrando un crecimiento integral de acuerdo a la demanda aeroportuaria.

Es importante conocer los tipos de aviones que operarán en el aeropuerto, no tan sólo, en los primeros años sino también en un panorama amplio como lo permita el avance tecnológico de la aviación; este tipo de información es esencial ya que determina los siguientes puntos:

Forma y dimensiones de la pista.

Tipos de calles de rodaje.

Plataformas.

Ayudas de navegación

Capacidad estructural de los pavimentos.

Distribución de combustible.

Etc.

En caso de que la zona cuente con un aeropuerto la demanda se puede obtener mediante una recopilación estadística y la realización de aforos; esto nos indicaría movimientos diarios y horarios, promedios máximos frecuentes, promedios absolutos; así como el número de visitantes que llegan al aeropuerto por cada pasajero, el factor de ocupación en los aviones el número de maletas por pasajero, el número de pasajeros, etc

CAPITULO I.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Los resultados del pronóstico, varían de acuerdo al objetivo que le corresponde y pueden ser o no satisfactorios.

Cada pronóstico tiene su aplicación para definir la capacidad de las instalaciones aeroportuarias, por ejemplo: el número de pasajeros anual, su máximo por hora, el número de empleados, el número y tipo de aviones que se atenderán nos va a definir la capacidad del edificio terminal y el estacionamiento para automóviles.

Para definir el número de pistas, el número de calles de rodaje, las dimensiones de las plataformas y la capacidad de almacenamiento y distribución de combustible, necesitamos saber el número y tipo de aviones que aterrizan y despegan al año su máximo por hora y los estacionamientos simultáneos.

El plan maestro debe considerar los efectos del desarrollo de la región ya que una obra de esta magnitud generará importantes actividades económicas, esto significa que al desarrollo de la zona debe integrarse el aeropuerto.

Un aeropuerto tendrá influencia en los accesos con las carreteras de especificaciones adecuadas al volumen del tránsito, para que puedan constituirse como un sistema de transporte masivo como el Metro, ferrocarril.

Los problemas de contaminación ambiental que provocan los aviones, principalmente por el ocasionado por el ruido, para ello se determinaran sus niveles y se indican usos del suelo conforme a su proximidad al aeropuerto y su ubicación respecto a las rutas seguidas por los aviones en los despegues y aterrizajes, deberán evaluarse.

CAPITULO I.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

El plan maestro contempla diferentes puntos de planeación:

Número, orientación y dimensiones de la pista.

Número, ubicación y tipos de calles de rodaje.

Dimensiones de las plataformas para estacionamiento de los aviones.

La zona terminal contemplará los siguientes elementos:

Edificio para el manejo de pasajeros en vuelos comerciales.

Edificio para la aviación general.

Torre de control.

Despacho y control de vuelos.

Sub-estación general y sistemas de luces de emergencia para todo el aeropuerto.

Equipo hidroneumático.

Edificio para el cuerpo de rescate y extinción de incendios.

Edificio de carga.

Hangares y talleres para el mantenimiento y reparación de aviones.

Zona para almacenamiento y características del sistema de suministro de los aviones.

Tipos de ayudas visuales.

Tipos de ayudas electrónicas.

Los elementos del aeropuerto, deben ser estudiados detenidamente para lograr la integración de cada uno de ellos como un todo, que permita un crecimiento armónico.

CAPITULO L- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Estudios que influyen en el proyecto:

En la planificación, localización, construcción y operación de un aeropuerto se toman en consideración, los estudios constructivos, financieros, sociales, operacionales, de seguridad, de tipo comercial, etc.; analizando cada uno podemos conocer su influencia al ejecutar el proyecto.

Estudios constructivos.

Estudios de reconocimiento y topográficos.

Para conocer la zona se efectuaron vuelos de reconocimiento; en estos vuelos se utiliza la fotogrametría para elaborar un plano de toda el área, con curvas de nivel variable.

En el plano general, se definen límites, núcleos urbanos, zonas ejidales o los sitios más viables para ubicar el aeropuerto, se verifican y estudian cada uno de estos sitios probables, eligiendo al que proporcione más ventajas.

Una vez seleccionada el área del aeropuerto, sus accesos, se espacio aéreo y sus áreas vecinales, a continuación se ubican las pistas, las plataformas, edificio terminal, etc de acuerdo al plan maestro.

En el sitio de construcción se procede a efectuar un levantamiento topográfico directo de planimetría y altimetría, esto es para conocer su configuración topográfica que nos servirá para elaborar los planos detallados de cada uno de los sistemas componentes del aeropuerto.

CAPITULO I- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Estudios meteorológicos.

Las características atmosféricas, que definen el clima de un lugar son varias; pero las que más importancia tienen para el proyecto son: temperatura, presión, humedad del aire, régimen de vientos, cantidad y distribución de lluvias, y la evaporación.

Cabe hacer notar que estas instalaciones deben estar en el sitio de construcción con 5 años por lo menos de anticipación, se podrán definir los parámetros del proyecto y su configuración geométrica, mismos que determinarán las necesidades de los diferentes elementos del aeropuerto.

El estudio y estimación de los vientos debe ser cuidadoso y exacto, esto nos permitirá elaborar la rosa de vientos; es una gráfica con círculos concéntricos en los que se indica el porcentaje, la velocidad e intensidad de los vientos dominantes ya sean cruzados o directos; nos sirve para definir las orientaciones de las pistas del aeropuerto.

La operación de aeropuertos debe contar con suficiente visibilidad tanto en la zona del aeropuerto como en las zonas inmediatas a él; por lo que se busca un sitio donde los mínimos meteorológicos sean escasos o nulos.

Estudios hidrológicos.

Las características hidrológicas de una región son determinadas por su estructura geológica por su superficie topográfica y por su clima dominante

CAPITULO I.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Con las características atmosféricas, se puede delimitar los parteaguas de las cuencas tributarios y de las cuencas adyacentes al sitio en estudio, los escurrimientos y las características fisiográficas con su área de drenaje, sus pendientes, su elevación, las características del cauce principal, la red de corrientes y las zonas factibles de inundación, así mismo se obtendrán las características físicas del suelo, su uso, el tipo, su permeabilidad, su capacidad de almacenamiento superficial.

Teniendo las cuencas definidas, se podrán hacer balances hidrológicos, estimar la probabilidad de ocurrencia de avenidas o intervenir localmente en el ciclo hidrológico.

Bancos de materiales.

Los bancos de materiales, son explotaciones de las masas geológicas o yacimientos en donde, se extraen los materiales pétreos que se utilizan en la construcción.

Estudios económicos financieros.

Este tipo de estudios evalúa los siguientes elementos para evitar que afecten al aeropuerto, durante su construcción y su futura operación, como son:

El costo del terreno, tomando en cuenta sus futuras ampliaciones y el de desarrollo de sus alrededores.

Costo de desplazamiento del usuario.

Costo de cambio de régimen en el uso de suelo.

Pagos por afectar a particulares y los derechos de vías

CAPITULO I.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Los cambios en las tasas de interés por fluctuaciones de la moneda, en el mercado nacional e internacional.

El incremento de precios a futuro, de los materiales y mano de obra.

El proceso inflacionario y su repercusión antes, durante y después de la construcción.

Los estudios financieros determinaran el plan financiero y la obtención de medios crediticios para desarrollar el proyecto, la construcción, la operación, el mantenimiento y la recuperación financiera para el pago de créditos, evalúan ingresos y los egresos que se tendrán a futuro.

Los medios que se dispone para obtener créditos e ingresos financieros para la construcción de un aeropuerto son:

Particulares: Banco Mundial, Empresas Comerciales Líneas Aéreas y Empresas Particulares.

Gubernamentales: Bancos Nacionales, Instituciones Nacionales de Crédito, Programas de Apoyo con recursos federales y estatales.

Estudios sociales, demográficos y de seguridad.

Los estudios sociales y demográficos, están asociados a los estudios financieros y si no se toman en cuenta, pueden afectar la operación del aeropuerto.

La migración regional a las ciudades y el desarrollo estructural en las ciudades se deben tomar en cuenta, cuando el aeropuerto se encuentra localizado dentro o cerca de una ciudad.

CAPITULO I.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

La seguridad merece una especial atención, para evitar interferencias o accidentes aéreos que pongan en peligro la integridad física de los usuarios y del aeropuerto.

Los avances tecnológicos en el área de la navegación aérea los factores operacionales prevén el desarrollo que alcanzarán las rutas de las compañías aéreas, así como las aeronaves actuales y futuras que podrán hacer uso del aeropuerto, en los periodos de máxima actividad.

Con el plan maestro elaborado se define el proyecto ejecutivo, se materializan estudios y se elaboran los planos constructivos para ejecutar la obra.

Proyecto ejecutivo.

El proyecto ejecutivo lo componen proyectos particulares como son:

Proyecto aeronáutica.

Proyecto geométrico.

Proyecto de obra civil.

Proyecto arquitectónico.

Proyecto electromecánico

Proyecto aeronáutica

CAPITULO I.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Se define en base a los estudios meteorológicos, de anemometría, topográfico, pluviométrico, de espacios aéreos, de seguridad, de servicios, etc.

Determina los tipos de ayuda, señalización visual y electrónica, con la que deberá contar el aeropuerto.

Proyecto geométrico.

Se desarrollan los planos a detalle, plantas geométricas de pistas, calles de rodaje, plataformas, estacionamientos, caminos de acceso, etc.

Proyecto de obra civil.

Los estudios de mecánica de suelos, geotécnica y localización de bancos de materiales; tienen mayor influencia en la economía y calidad de la obra

El costo y la calidad de la obra están en función directa de la obtención de los materiales que se emplearán en la obra y de una buena supervisión.

El proyecto de obra civil consta de cálculos y planos estructurales de edificaciones, terracerías, pavimentos, etc.

CAPITULO I.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Proyecto arquitectónico.

Consiste en la elaboración de planos apegados a las condiciones prevalecientes en el lugar de la obra (climatológicos, de estética, vientos dominantes, etc.) y consta de fachadas, cortes, plantas arquitectónicas, institucionales, perfiles, etc.

También comprende la distribución general, la ubicación de plataformas, pistas, calles de rodaje, edificios, estacionamientos, etc.

Proyecto electromecánico.

Comprende la definición y diseño de:

La zona de combustible y red de abastecimiento.

Las instalaciones eléctricas, mecánicas, de aire acondicionado, de intercomunicación y sonido, así como el equipo para el funcionamiento de estos sistemas.

Redes hidráulicas y sanitarias, equipos hidroneumáticos, subestaciones y plantas de emergencia.

Al unificar los proyectos da como resultado el proyecto ejecutivo que nos servirá de base para construir la obra.

CLASIFICACIÓN DE UN AEROPUERTO

Se clasifican de acuerdo a su radio de acción económica, al tránsito probables, al tipo de aeronaves que lo utilizan o al servicio que prestan.

Para identificarlos rápidamente se utilizan claves, letras o palabras descriptivas.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), utiliza claves de referencia para indicar las características de los aeródromos.

Esta clave esta compuesta de dos elementos que se relacionan con las características y dimensiones del avión. (Ver sig. I-3)

CAPITULO I.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Elemento 1 de la clave			Elemento 2 de la clave	
Número de la Clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal*
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800 m	A	Hasta 15 m (exclusive)	Hasta 4.5 m (exclusive)
2	Desde 800 m hasta 1,200 m (exclusive)	B	Desde 15 m hasta 24 m (exclusive)	Desde 4.5 m hasta 6 m (exclusive)
3	Desde 1,200 m hasta 1,800 m (exclusive)	C	Desde 24 m hasta 36 m (exclusive)	Desde 6 m hasta 9 m (exclusive)
4	Desde 1,800 m en adelante	D	Desde 36 m hasta 52 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)
		E	Desde 52 m hasta 65 m (exclusive)	Desde 9 m hasta 14 m (exclusive)

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

EL SISTEMA DE PISTAS

Pista. Area rectangular definida en un aeropuerto terrestre preparada para el aterrizaje y el despegue de las aeronaves. El sistema de pista en un aeropuerto consiste de los siguientes elementos:

El pavimento estructural que soporta la carga estructural aplicada por el peso del avión, también permite maniobrabilidad, control, estabilidad.

El sector contra chorro es un área diseñada para prevenir la erosión provocada por el chorro de los reactores y acomodar equipos de mantenimiento y emergencia.

El sector contra chorro es un área diseñada para prevenir la erosión de las superficies adyacentes a los finales de las pistas las cuales están sujetas a un prolongado o repetido chorro de reacción de los aviones

Una zona de parada la cual es una longitud adicional de pavimento que se prolonga rebasando el extremo de la pista. El pavimento de la zona de parada debe tener la resistencia suficiente para soportar ocasionalmente el peso de los aviones.

El área de seguridad de pistas es un área la cual ha sido despejada, e incluye el pavimento estructural, los márgenes adyacentes, el sector contra chorro y zona de parada, esta área debe ser capaz de soportar equipo de emergencia y mantenimiento, así como también proporcionar soporte a los aviones en caso de que tuvieran que virar fuera del pavimento

Una zona libre de obstáculos es una zona no pavimentada, situada más allá del extremo de la pista.

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

En la siguiente tabla se resumen algunas de las especificaciones de pista adoptadas por la OACI.

Especificaciones de las pistas y franjas:

Anchura de pista.

Letra clave A	18 m	23 m	30 m	---
Letra clave B	18 m	23 m	30 m	---
Letra clave C	23 m	30 m	30 m	45 m
Letra clave D	---	---	45 m	45 m
Letra clave E	---	---	---	45 m

Anchura de pista más márgenes Si la letra clave es D ó E, la anchura total de la pista y sus márgenes no serán superior a 60 m.

Pista

Pendiente longitudinal máxima	1.5%	1.5%	1.25%	1.25%
Gradiente máximo efectivo	2%	2%	1%	1%
Cambio máx. longitudinal de la rasante	2%	2%	1.5%	1.5%
Pendiente transversal máxima	2% si la letra clave es A ó B; 1.5% si la letra clave es C, D ó E			

Anchura de la franja de la pista

Pista de precisión o no	150 m	150 m	300 m	300 m
Pista de vuelo visual	60 m	80 m	150 m	150 m

Franja

Pendiente longitudinal máxima	2%	2%	1.75%	1.5%
Pendiente transversal máxima	3%	3%	2.5%	2.5%

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Para la clasificación de pistas enunciaremos algunos conceptos.

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.

Pista de aproximaciones que no sean de precisión: Pista de vuelo por instrumentos servida por ayudas visuales y una ayuda no visual que proporcione por lo menos guía direcciones adecuada para la aproximación directa.

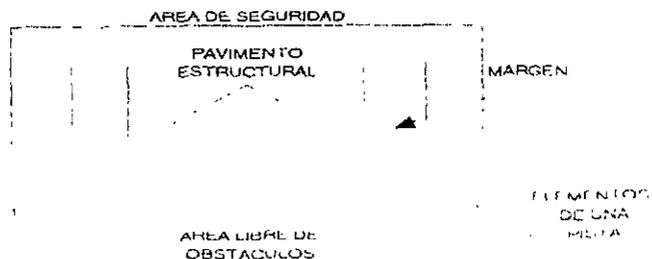
Pista para aproximaciones de precisión categoría I

Pista para aproximaciones de precisión categoría II.

Pista de aproximaciones de precisión categoría III.

Pista de vuelo visual. Pista destinada a las operaciones de aeronaves que utilicen procedimientos visuales para la aproximación.

Pista principal. Pista que se utiliza con preferencia a otras siempre que las condiciones lo permitan.



OPERACIÓN DE UNA PISTA

Longitud de pista. Hay factores que tienen relación sobre la longitud de pista, estos factores podrían ser agrupados en tres categorías generales:

- 1 Los requerimientos de funcionamiento propios del avión en función de la fabricación y la operación del mismo
- 2 Inmediaciones del aeropuerto.
- 3 Las operaciones de despegue o aterrizaje frustrado así como los pesos para cada tipo de avión.

Es importante señalar que para operaciones seguras, se establecen tres casos generales para longitudes de pista necesaria:

Un despegue normal en el cual todos los motores se encuentran disponibles, para este caso, es importante que exista la suficiente longitud de pista para diferentes tipos de despegue para las características propias de cada avión.

Un despegue donde se presenta la falla de motor, aquí se requiere suficiente longitud de pista para permitir que el avión continúe el despegue, o que este frene hasta el alto total.

El aterrizaje donde se necesita suficiente pista para permitir diferentes tipos de aterrizaje y que prevenga malas aproximaciones, etc.

Estos tres casos referidos anteriormente están ilustrados en la figura 2.

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

El primer caso que es el caso de aterrizaje (fig. 2 a) en este caso la distancia de aterrizaje (DA) necesaria para cada avión que está usando el aeropuerto debe ser suficiente para que permita que el avión llegue a paro total a esto se le llama distancia de parada (DP), el avión debe de poder aterrizar dentro del 60% de esta distancia, tomando en cuenta que el piloto pueda hacer una aproximación a la velocidad propia y cruzar el umbral de la pista a una altura de 15.25 m., la distancia de aterrizaje debe ser pavimentada

El segundo caso que es el caso normal, despegue con todos los motores (fig. 2 b), aquí se requiere de una distancia de despegue (DD), la cual para un peso específico de un avión, debe ser de 115% de la actual distancia que el avión usa para alcanzar una altura de 10.7 m (D10.7). Es necesario que esta distancia esté libre de obstáculos para proteger contra un despegue que vaya más allá, por lo que es necesario el uso de una zona libre de obstáculos (ZLO), de 153 de ancho, centralmente localizada y extendida en la línea central de la pista. La zona libre de obstáculos se extiende desde el final de la pista con una pendiente ascendente no mayor a 1 25%.

Para el caso de falla de motor (fig 2.c), la distancia requerida de despegue es la distancia actual que se necesita para alcanzar una altura de 10 7 m (D10.7), se permite también el uso de una zona libre de obstáculos

En el caso de falla de motor la distancia que se necesita para que el avión continúe el despegue o se detenga hasta el alto total es conocida como distancia de aceleración parada (DAP), 4 distancia la cual el avión pierde contacto con el pavimento se le conoce como distancia de punto de despegue (DPD). También es usada una zona de parada (DZP), para que parte de la distancia de aceleración parada vaya más allá de la corrida de despegue (sólo en el caso de pista desbalanceada).

CAPITULO II- PROYECTO DEL AEROPUERTO

La zona de parada está definida como un área más allá de la pista, no menor en anchura de la pista, centralmente localizada cerca de la línea central de la pista esta zona es usada para desaceleración en caso de que un despegue sea abortado.

La zona de parada debe ser capaz de soportar al avión durante el despegue que ha sido abortada, sin que se produzca daño estructural al avión. Otra distancia importante es la distancia de pista pavimentada incluyendo a la zona de parada.

Cuando en una pista desbalanceada se requiere una longitud de campo es decir la longitud que esta integrada generalmente por tres componentes; la distancia de corrida de despegue (DCD), la zona de parada (ZP), y la zona libre de obstáculos (ZLO).

Si las operaciones se efectuaran en ambos sentidos de la pista, como es el caso usual, los componentes de la longitud de campo deben existir en cada dirección.

La distancia de despegue y la distancia de aceleración parada dependerá de la velocidad que el avión haya alcanzado cuando se produce la falla del motor. La velocidad a la cual se presentara la falla del motor en el avión es conocida como velocidad crítica VI. Si el motor falla antes de esta velocidad, el piloto debe frenar hasta el alto total. Si el motor falla después de esta velocidad el piloto debe proseguir el despegue. En el caso de que la falla se presente al alcanzar la velocidad VI queda a criterio del piloto decidir si prosigue o aborta el despegue.

El concepto de pista balanceada es determinado a partir de seleccionar una VI tal que la distancia de aceleración parada sea igual a la distancia de despegue. Esto quiere decir que la

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

distancia desde el punto en que la velocidad V_I es alcanzada hasta el alto total, es la misma desde el mismo punto hasta alcanzar la altura especificada arriba de la pista

En la figura 2 b vemos algunas de las restricciones de ascenso y libre de obstáculos, aquí la trayectoria de vuelo de despegue la cual se extiende desde el punto donde el avión ha alcanzado una altura de 10.7 m. Por encima de la superficie del pavimento con un motor inoperando hasta donde se ha alcanzado una altura de 458 m.

..

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

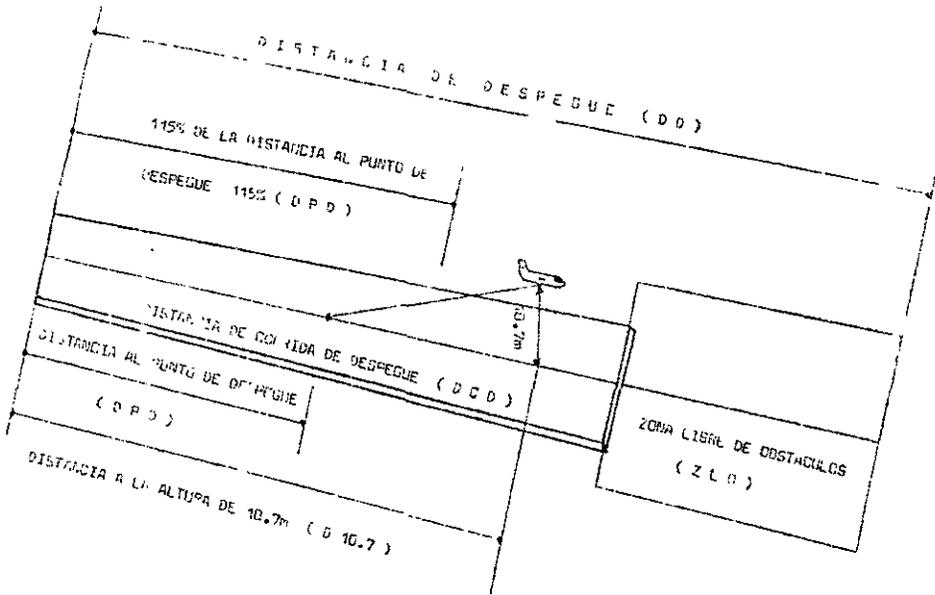


Fig. 2 b. Caso normal de despegue todos los motores disponibles.

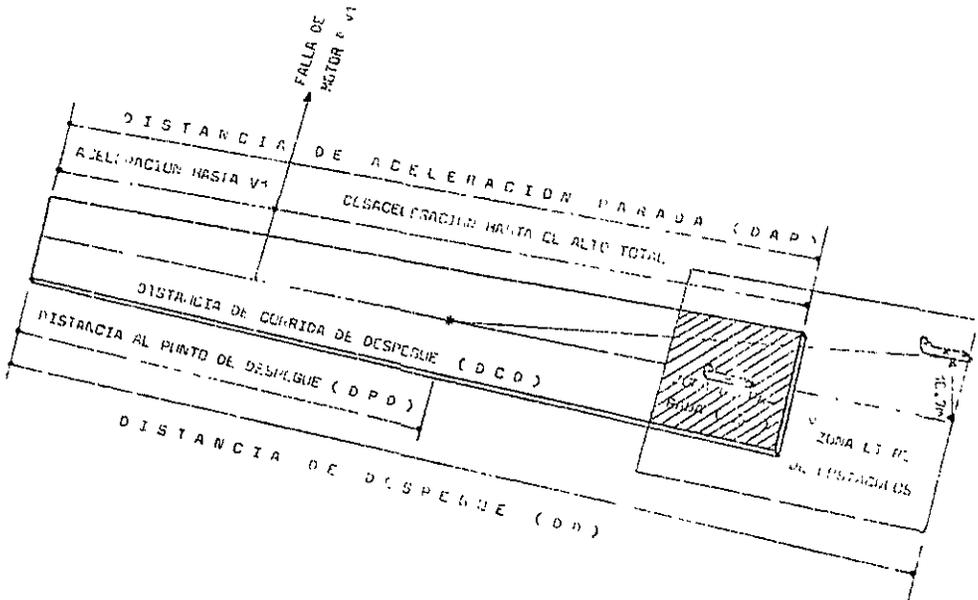


Fig. 2 c. Caso de falla de motor.

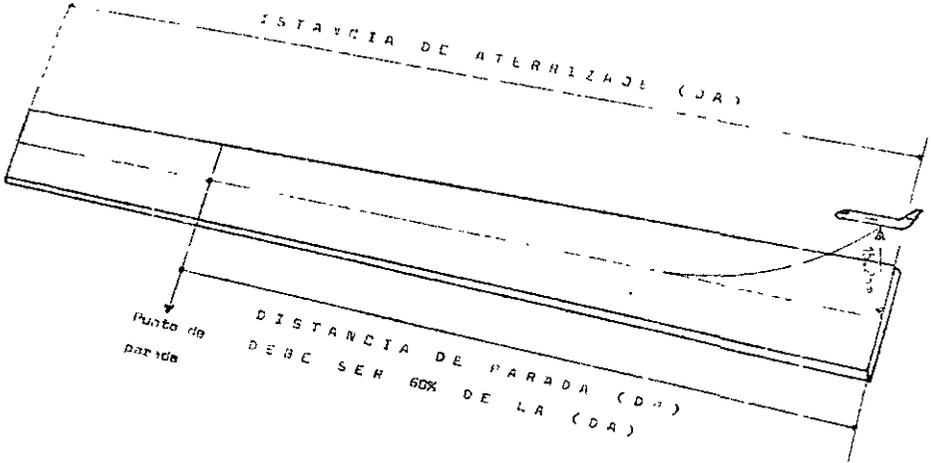
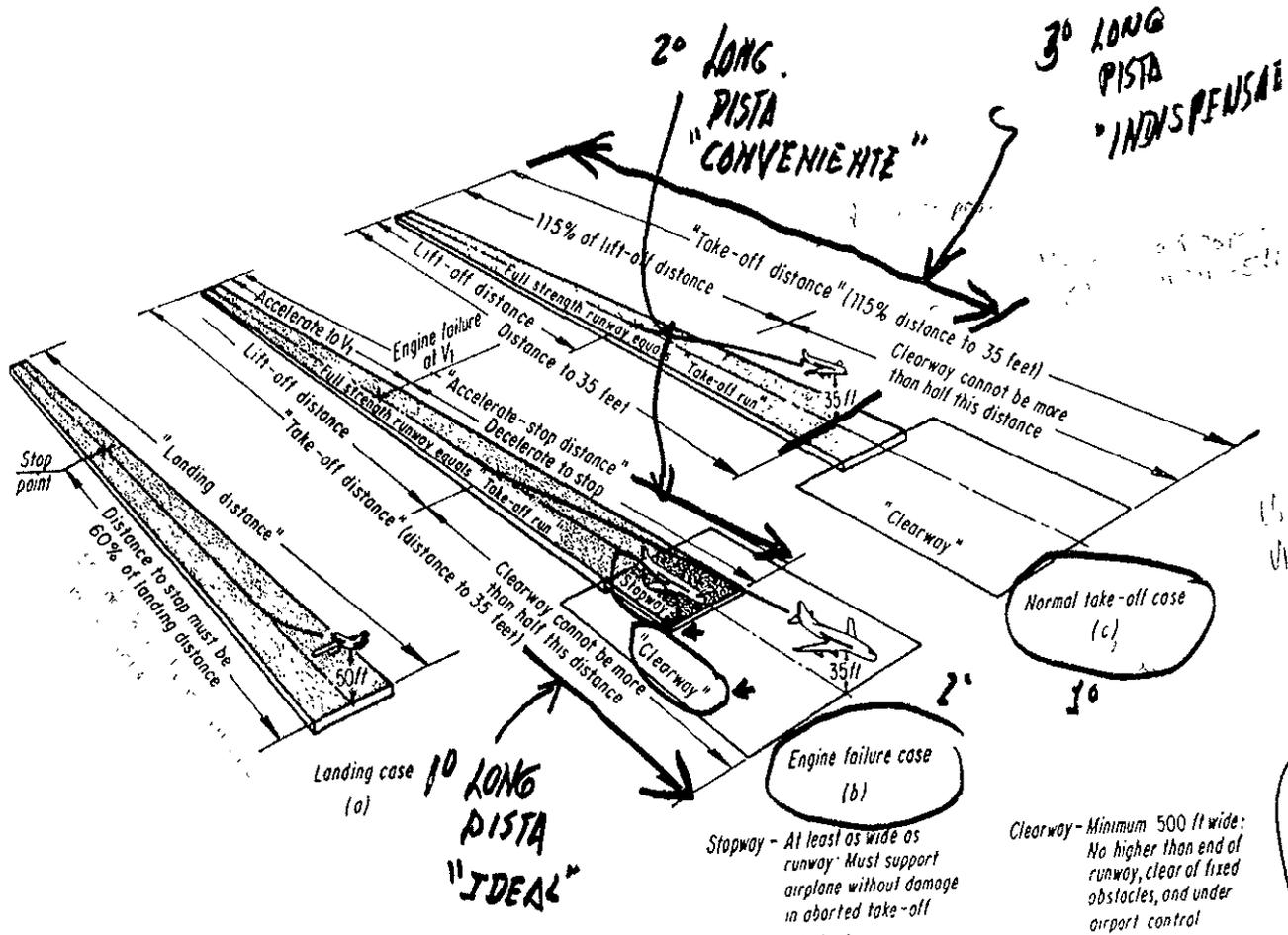


Fig. 2 a. Caso de aterrizaje.



CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Condiciones de pista. Las condiciones más importantes que influyen en la pista son, temperatura, viento, pendiente de pista, altitud del aeropuerto y condiciones de la superficie

Temperatura. Las altas temperaturas producen densidades menores del aire, lo cual da como resultado menor rendimiento en el empuje y menor sustentación, por lo que cuando mayor sea la temperatura, mayor longitud de pista será requerida. Este incremento de pista no se comporta de manera lineal con respecto a la temperatura.

Viento. Mientras más fuerte sea el viento de frente más corta será la longitud de pista y al contrario un viento grande de cola provocará un alargamiento de pista. El efecto del viento varía dependiendo en parte de la temperatura y del peso del avión.

Pendiente de la pista. Una pista con pendiente ascendente requiere de una mayor longitud que una pista al nivel o con una pendiente descendente. Cuando existe una pendiente uniforme la relación con el incremento o decremento en la longitud de pista es aproximadamente lineal. Se usa por lo general de un 7% a un 10% por cada ciento de pendiente uniforme. Esta pendiente uniforme es una línea recta que une los finales de las pistas. También es usada una pendiente efectiva la cual está definida como la diferencia de elevación entre el punto más alto y el punto más bajo en el perfil de la pista dividida por la longitud.

Altitud. Cuanto más alta sea la elevación del aeropuerto más longitud de pista será necesaria

Condiciones de la superficie de la pista. Cuando existe sobre la pista agua estancada o nieve a medio derretir causa efectos indeseables en las operaciones de los aviones. La nieve a medio derretir provoca que el frenado sea extremadamente pobre, En el caso de que exista agua esta desplazada por las llantas lo que produce una reducción en la potencia del avión no puede

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

acelerar a la velocidad de despegues. Por lo que es importante que se cuente con adecuado sistema de drenaje para remover el agua en la superficie de la pista, al igual que la nieve

ORIENTACION Y NUMIERO DE UNA PISTA

Para determinar el lugar, la orientación y el número de pistas que necesita un aeropuerto, se requiere conocer de una serie de factores que nos ayudarán para obtener el mejor sitio de la pista, (Principalmente viento, nubes, niebla, topografía, etc)

Conocer el tipo de aviones que operarán en el aeropuerto, así como las características propias de los mismos. Antes de seleccionar el lugar adecuado se deberá tomar en cuenta el efecto del ruido en el medio ambiente.

Para obtener el número de pistas que se necesitan en un aeropuerto, es importante que este número sea el adecuado para cubrir las necesidades del tránsito aéreo en el aeropuerto, considerando, el número de llegadas y salidas y su relación de llegadas y salidas en horas críticas, también es importante conocer el número de aviones, de que tipo son y conocer el tipo de operación del aeropuerto.

Viento. El viento es un factor determinante en la orientación de las pistas en un aeropuerto, por lo que se requiere de un análisis de viento

Es importante que la pista principal esté orientada en la dirección del viento predominante. Es fundamental que un avión al despegar y al aterrizar, sea capaz de maniobrar en la longitud de pista, siempre que la componente de viento cruzado (es decir la componente de viento en un ángulo recto a la dirección del viaje del avión) no sea excesivo. Hay varios factores que afectan al valor permisible de esta componente de viento cruzado como son: el tamaño del avión, el tipo

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

de alas, las condiciones de la superficie de pavimento, etc Pero se establecen ciertos límites permisibles de esta componente de viento cruzado.

Las pistas deben estar orientadas por lo menos 95% del tiempo como componentes de viento cruzado que no exceda de 37 km./h para aviones cuya longitud de pista sea de 1500 m ó más de 24 km./h para pistas entre 1200 m y 1500 m y para 19 km./h para pistas de longitud menor a 1200 m.

Existe un método gráfico para conocer la orientación de pistas conocido como rosa de vientos. Para el uso de este método se requiere de registros meteorológicos. En estos registros las velocidades se encuentran generalmente divididas en incrementos de 22.5 grados, también estos registros nos proporcionan los porcentajes de tiempo en que ocurren ciertas combinaciones de techo y visibilidad, así como los porcentajes de tiempo en que ocurren vientos de cierta velocidad en las diferentes direcciones, estas direcciones se hacen en referencia al norte verdadero.

Ejemplo:

En la tabla 2.2 se encuentran los datos necesarios de un estudio de vientos para todas las condiciones de velocidad, podemos proceder al trazado de la rosa de vientos.

Una vez que se cuenta con los datos, se realiza el trazado de la rosa de vientos como se muestra en la figura 2.2. Se debe ir colocando en cada sector de la rosa de vientos el porcentaje que corresponda a cada una de las direcciones y velocidades, es decir vaciar los datos de la fig 2.2 en la rosa de vientos ya previamente trazada

El siguiente paso es trazar en una tira de material transparente tres líneas paralelas y que estén con la misma separación una de la otra, en este método la línea nos representa el eje de la

CAPITULO II- PROYECTO DEL AEROPUERTO

pista y la distancia que se encuentra entre las dos líneas exteriores nos representa el doble de la componente de viento cruzado permisible (en nuestro ejemplo el doble de la componente de viento cruzado es igual a 48 km /h)

Una vez que se tienen trazadas las tres líneas en la tira de material transparente se debe colocar esta tira en la rosa de vientos, de tal forma que la línea central pase por el centro de la rosa de vientos, se usa este centro como punto de rotación, entonces se hace girar la tira transparente y en cada posición se realiza la suma de los porcentajes que se encuentran entre las líneas exteriores de la tira transparente, así sucesivamente hasta que se encuentre que la suma en cierta posición nos da un valor máximo (fig. 2.a).

Cuando alguna de las líneas exteriores de la tira transparente divide un segmento de dirección de vientos, la parte que ha sido dividida se calcula visualmente tomando el 0.1 % más próximo.

El último paso una vez que se ha encontrado el valor máximo es leer en la escala de la rosa de vientos la orientación de la pista, esto es ver en que puntos la línea central de la tira transparente cruza la escala exterior (esta escala exterior se encuentra marcada en el último círculo de la rosa de vientos) Se observará en nuestro ejemplo, que una orientación de 190 grados a 10 grado (N 10 E verdadero) podrá ser usada el 95% del tiempo con una componente de viento cruzado no mayor de 24 km /h

Este método gráfico de rosa de vientos puede ser usado para cualquier otra velocidad límite de componente de viento cruzado. También se deben examinar los datos para condiciones de escasa visibilidad.

Cabe señalar que existen otras condiciones que afectan la orientación y el número

CAPITULO II- PROYECTO DEL AEROPUERTO

de pistas, como son los espacios aéreos, la presencia de obstáculos, etc

El conocer la orientación del viento predominante a través del método de la rosa de vientos permitirá que la pista esté lo mejor localizada, siempre que esto sea posible.

	% VIENTO	% VIENTO	% VIENTO	TOTAL
DIRECCION DEL VIENTO	Km./h 7 - 24	Km./h 26 - 37	Km./h 39 - 76	
N	1.5	4.5	0.3	6.7
NNE	3.7	2.4	0.1	6.2
NE	4.8	2.6	0.2	7.6
ENE	5.0	0.3	---	5.3
E	2.1	0.4	---	2.8
ESE	2.3	0.1	---	2.4
SE	4.4	0.9	---	5.3
SSE	7.3	2.2	0.1	9.6
S	6.4	7.7	0.3	14.4
SSW	3.1	3.2	0.2	6.5
SW	1.6	1.1	---	2.7
LGW	2.6	0.4	---	3.0
W	4.8	0.3	---	5.1
WNW	5.8	0.1	---	5.9
NW	1.9	0.8	---	2.7
NNW	7.8	1.3	0.1	9.2
VIENTO CALMA 0 - 6 km./h				4.6
				100

Tabla 2.2 Datos de porcentajes de viento.

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

ORIENTACION m/h	01-6	07-21	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	18-36		
0 - 5	4.7	4.6	4.6	4.7	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	
7 - 24	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4	65.4
24 - 37	26.3	26.5	25.7	23.9	18.45	15.37	12.1	9.37	8.15	6.7	3.58	2.12	1.59	1.49	2.06	2.04	2.52	2.52	6.37	
+ 37	1.2	1.2	0.8	0.7	0.4	0.4	0.4	0.1	0.1	0	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1	1.2		
Σ	98.1	97.7	96	94.6	89.65	85.77	82.5	79.4	78.22	76.7	78.78	79.32	86.3	88.9	92.56	94.5	95.22	97.8		

Tabla 2.2 a. Datos de viento.

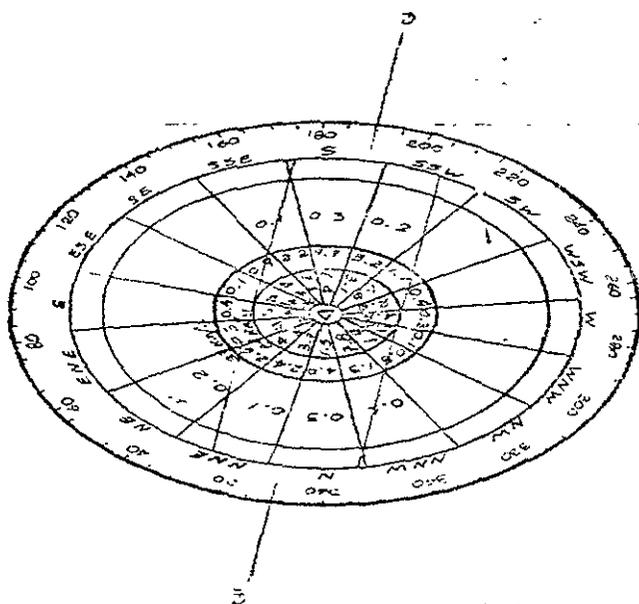


Fig. 2.2 Rosa de vientos.

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

CONFIGURACION DE PISTAS

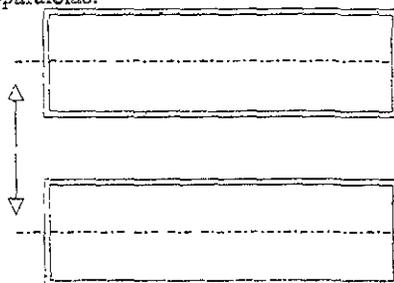
En los aeropuertos existe una gran variedad de configuraciones de pistas, que dependen del número de pistas y de las necesidades de cada aeropuerto. Muchas configuraciones se derivan de combinaciones de pistas llamadas básicas. Estas configuraciones básicas son:

Configuración de pista sencilla.

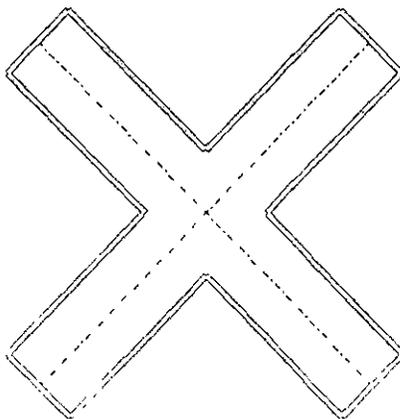


Configuración de pistas paralelas.

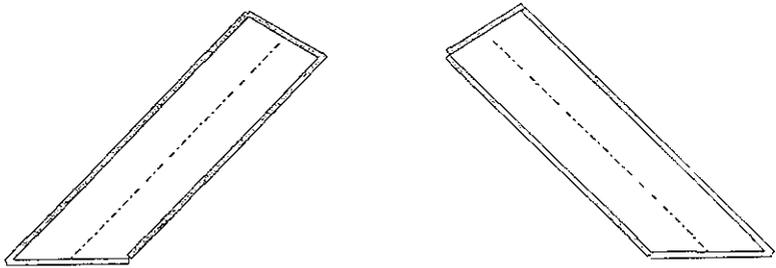
Separación variable



Configuración de pistas interceptadas.



Configuración de pistas convergentes o divergentes



Dependiendo de la configuración de pistas adoptadas por cada aeropuerto, se verán afectadas instalaciones como: edificio terminal, torre de control, calles de rodaje, plataformas, hangares, áreas de almacenamiento de combustible, áreas de estacionamiento, rescate, etc

Por ejemplo:

Se deberá buscar una relación entre terminal aérea y las pistas en un aeropuerto, a través de proporcionar las distancias más cortas de rodaje en las calles de rodaje de la terminal aérea, a los finales de la terminal aérea, a los finales de la pista para los despegues y para acortar las distancias de rodaje para los aviones que aterrizan.

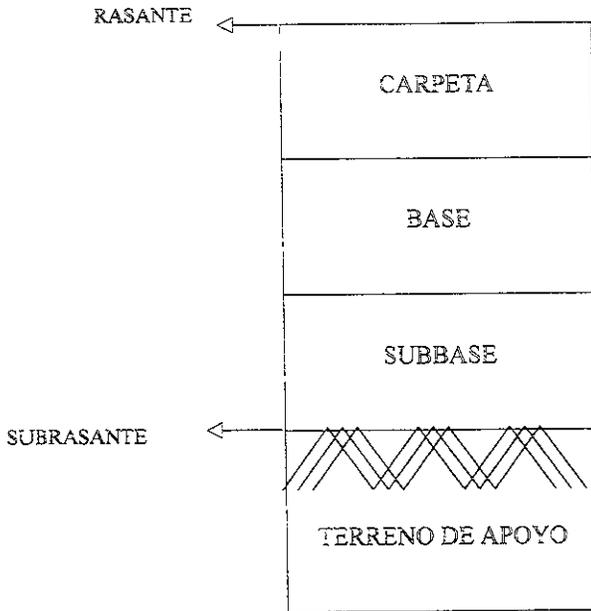
Instalaciones en pistas.

Pavimentos. La estructura de un pavimento consiste de varias capas de materiales procesados, integrándose como una mezcla de materiales, cuando es un pavimento flexible se utiliza concreto asfáltico y materiales graduados, un pavimento rígido consta de una losa de concreto hidráulico y subbase

El pavimento debe proporcionar una superficie de textura regular y segura en todo clima y el espesor de cada uno de los estratos debe ser adecuado para que las cargas aplicadas no provoquen un mal funcionamiento de algunos estratos del pavimento.

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

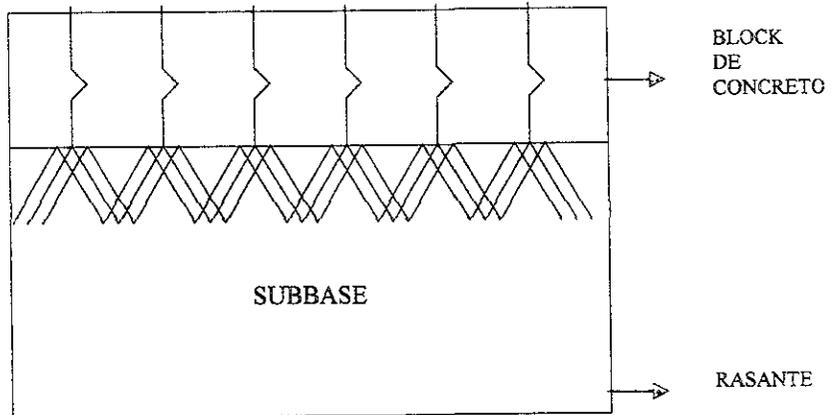
En la siguiente figura se muestra la sección de un pavimento flexible



En la figura se muestra la estructura de un pavimento flexible, como se puede observar consta de varios estratos clasificados como, carpeta, base, subbase, las cuales descansan sobre un terreno de apoyo. La carpeta consiste de una mezcla hecha de asfalto y agregados, debe proporcionar operaciones seguras y resistir las cargas y la influencia del medio ambiente por un periodo de tiempo determinado de operación, el cual puede ser expresado en términos de número de repeticiones de carga o algún periodo de tiempo, también la carpeta debe distribuir las cargas aplicadas a los demás estratos. La base puede consistir de materiales tratados con cemento hidráulico o asfalto, o de materiales granulares no tratados, al igual que la carpeta, la base debe resistir las cargas aplicadas. La subbase puede estar compuesta de materiales tratados o no tratados. Existen pavimentos flexibles que pueden constar de varias capas de subbase

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Un pavimento rígido consiste de una losa de concreto hidráulico; la cual esta situada sobre una subbase Ver la siguiente figura:



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

- Iluminación de aproximación.
- Iluminación del umbral de la pista y borde de pista.
- La línea central de pista y luces de áreas de toque.
- Borde de calles de rodaje e iluminación de la línea central.
- Guía de calle de rodaje y sistema de señales.

La iluminación es requerida principalmente en condiciones de baja visibilidad y durante la noche. Desde el aire el piloto ve la pista como una larga y estrecha tira de lados rectos y libre de obstáculos y conforme se aproximan las marcas en tierra son usadas por el piloto como ayudas visuales para orientación cuando se están aproximando al aeropuerto para aterrizar.

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Cuando el piloto ha cruzado el umbral debe continuar hasta llegar el toque y rodar sobre la pista. En esta etapa las ayudas visuales de pista se deben diseñar para dar al piloto información sobre alineación, trayectoria lateral, rodaje y distancias.

Los pavimentos de las pistas son marcados con líneas y números para ayudar a guiar al piloto, estas son usadas en el día y al atardecer y de noche es usado el sistema de luces.

Para el marcado se usa color blanco para pistas y amarillo para calles de rodaje. El final de cada pista es marcado con un número el cual indica el asimut magnético. El número marcado se toma a los 10 grados más cercanos y omitiendo el último dígito. Por ejemplo supongamos que tenemos una pista de rumbo N 63 grados E en el extremo de la pista se marcará con el número 06.

CALLES DE RODAJE

Calle de rodaje. Vía definida en un aeropuerto, establecida para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte del aeropuerto como son:

Calle de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves. La parte de una plataforma designada como calle de rodaje y destinada a proporcionar acceso a los puestos de estacionamiento de aeronaves solamente

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.

Calle de salida rápida. Calle de rodaje que se une a una pista en un ángulo agudo, y esta proyectada de modo que permita a los aviones que aterrizan virar a velocidades mayores

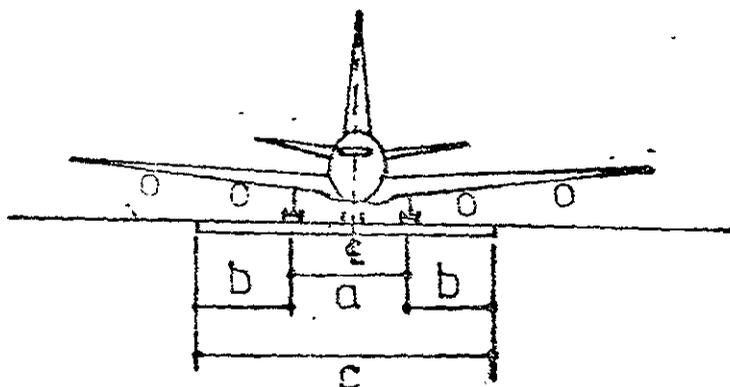
CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

que las que se logran en otras calles de rodaje de salida y logrando así que la pista esté ocupada el mínimo tiempo posible ver fig. 2.3.

Dado que las velocidades de las aeronaves en las calles de rodaje son considerablemente menores que en las pistas, los criterios en cuanto a sus dimensiones no son tan estrictos, como en el caso de las pistas. Además las velocidades reducidas permiten que la anchura de las calles de rodaje sea menor que las pistas. En la tabla 4 se describen las anchuras normales en las calles de rodaje

La función de las calles de rodaje de salida de la pista es reducir al mínimo el tiempo de ocupación de las pistas por las aeronaves que aterrizan. Las calles de salida pueden construirse en ángulo recto con respecto a la pista o en otro ángulo. Cuando es de 25 ó 45 grados, la expresión "pista de salida de alta velocidad" se utiliza para denotar que se ha proyectado para velocidades mayores que las permisibles en otras configuraciones de calles de salida.

La ubicación de las calles de salida depende de la variedad de aeronaves, de las velocidades y aproximación y de toma de contacto, de la velocidad de salida, del régimen de desaceleración, todo lo cual, a su vez depende del estado de la superficie del pavimento (mojado ó seco), y del número de salidas existentes. La rapidez y la manera en que el control de tránsito aéreo puede despachar las aeronaves de llegada son factores muy importantes en la determinación de la ubicación de las calles de salida. Su emplazamiento se ve afectado también por el de las pistas con relación al área terminal



Donde:

a = Anchura exterior de ruedas del tren de aterrizaje principal.

b = Margen entre las ruedas exteriores del tren de aterrizaje y el borde de la calle de rodaje.

c = Anchura de la calle de rodaje.

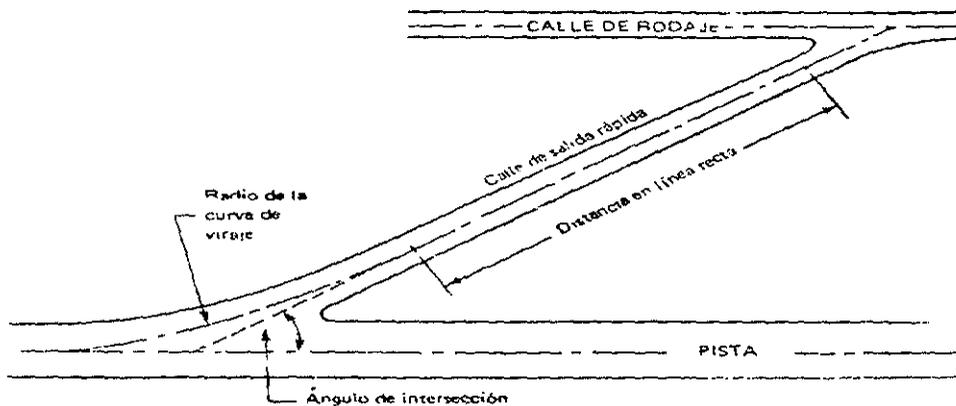


Fig. 2.2 Anchura y esquema de una calle de rodaje.

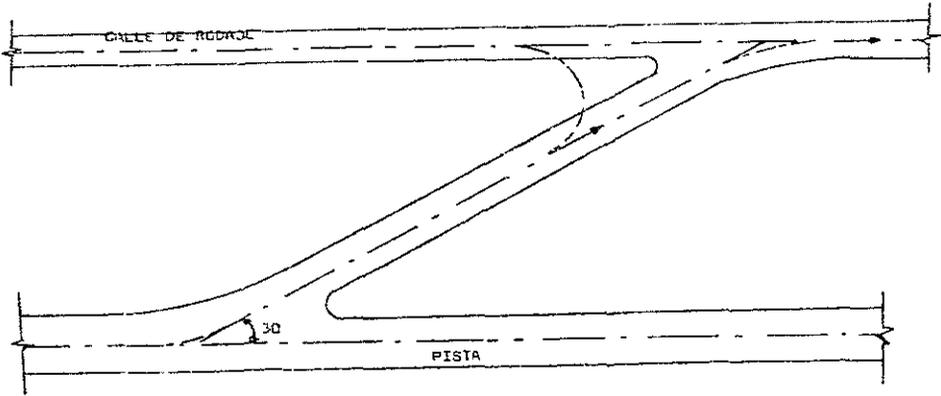


Fig. 2.4 Calle de rodaje de salida a 30.

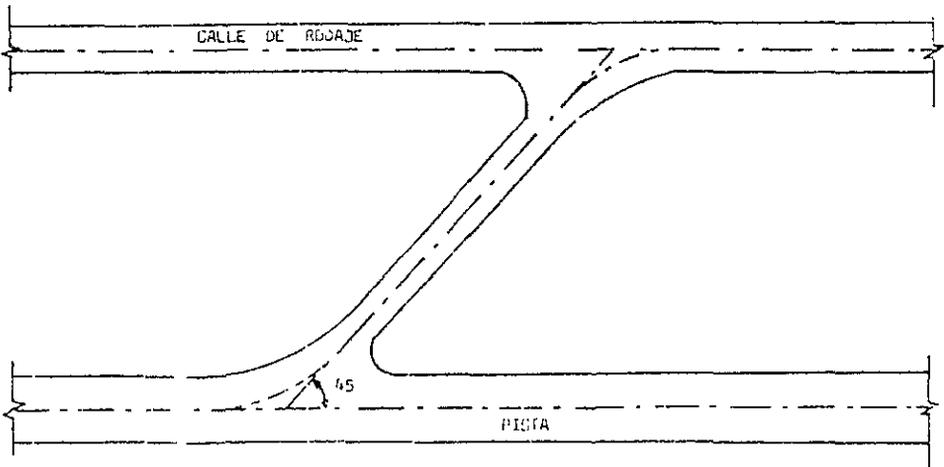


Fig. 2.5 Calle de rodaje de salida a 45.

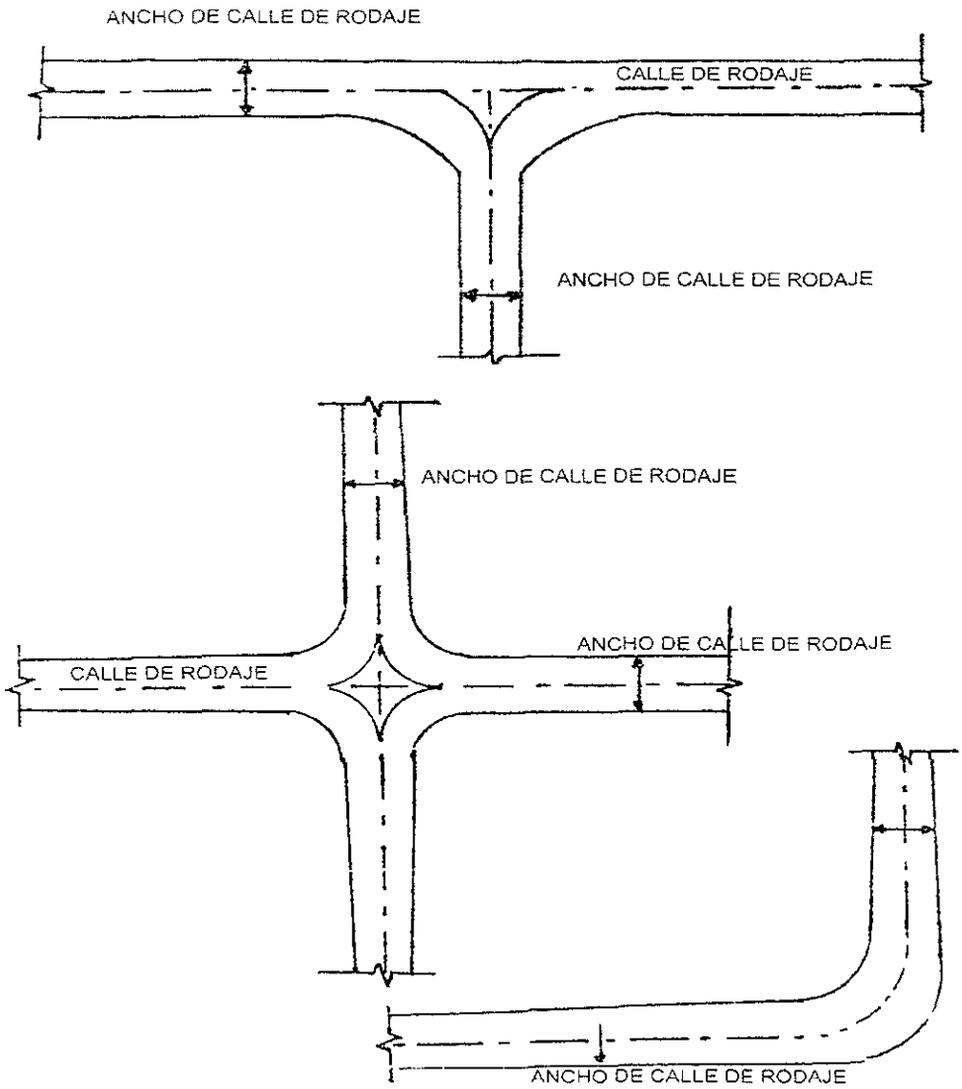


Fig. 2.6 Intersección con calles de rodaje.

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

LETRA CLAVE	ANCHO CALLES RODAJE	ANCHO TOTAL
A	7.5	---
B	10.5	---
C	15 m si la calle de rodaje se ha previsto para aviones con una base de ruedas inferior a 18 m; 18 m si la calle de rodaje se ha previsto para aviones con una base de ruedas superior a 18 m	25 m
D	18 m si la calle de rodaje se ha previsto para aviones cuya anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal es inferior a 9 m; 23 m si la calle de rodaje se ha previsto para aviones cuya anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal es igual o superior a 9 m	38 m
E	23 m	44 m

NOTA: Las cifras anteriores se refieren a la porción recta de la calle de rodaje.

Tabla 2.4

Integración con las calles de rodaje.

Se mencionará en que forma se integran con las pistas y otros componentes del aeropuerto.

Las calles de rodaje deben proporcionar acceso entre las pistas, a la terminal aérea y a los hangares; deben estar diseñadas de tal forma que no exista interferencia entre aterrizajes y despegues de aviones. Se deberá buscar al diseñar calles de rodaje las distancias más cortas a los puntos a los que deberán servir para reducir los tiempos de ocupación de pista, así como los tiempos de rodaje.

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

El número y tipo de calles de rodaje necesario en un aeropuerto dependerá del número de operaciones que tenga el aeropuerto, por ejemplo en un aeropuerto concurrido se deberá proporcionar varias calles de rodaje a lo largo de la pista en diferentes puntos, esto es con la finalidad de que la pista sea posible y que sea usada por otro avión. A las calles de rodaje que permiten el desalojo de los aviones de la pista se les llama de salida.

Las calles de rodaje deben estar localizadas siempre que sea posible, de modo que no crucen con otras pistas y otras calles que sean transitadas.

La capacidad de una pista depende en gran medida del sistema de calles de rodaje, ya que mientras más rápido un avión desaloje la pista se podrán realizar más operaciones.

Por ejemplo en aeropuertos de poca demanda se pueden usar calles de rodaje de salida con ángulos de 90 grados, pero estas calles de rodaje provocan que los aviones tengan que desacelerar hasta velocidades muy bajas para salir de la pista, lo que aumenta el tiempo de ocupación de la pista.

Pero en aeropuertos donde se presenta una gran demanda será necesario el uso de calles de rodaje que permitan salir de la pista a altas velocidades, lo que reduce el tiempo de ocupación.

Es importante señalar que los criterios geométricos para calles de rodaje no son tan estrictos como para el diseño de pistas, salvo en las intersecciones. Esto se debe a que las velocidades de los aviones sobre las calles de rodaje son considerablemente menores que las que permiten las pistas. Por ejemplo al ser menores las velocidades la anchura de las calles de rodaje suelen ser menores que las de las pistas.

En aeropuertos de gran demanda se utilizan calles de rodaje de salida de alta velocidad, estas calles de rodaje están diseñadas con ángulos del orden de 30 grados lo que permite que los aviones puedan salir de las pistas a gran velocidad, y así permitir una mayor capacidad en el manejo de operaciones.

Por ejemplo una calle de rodaje de salida de alta velocidad a 30 grados esta mostrada en la figura 2.4.

En la figura 2.5 se muestra una calle de rodaje de salida de alta velocidad con un ángulo de 45 grados.

Las velocidades de salida varían más o menos de 15 km./h. Estas velocidades de salida dependen del ángulo de salida que tengan las calles de salida.

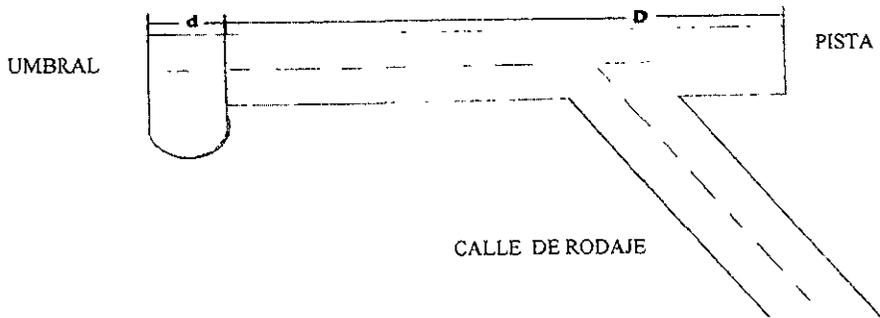
Algunas intersecciones de calles de rodaje son mostradas en la figura 2.6

La localización de las calles de rodaje depende en gran medida de la mezcla de aviones que utilizan en el aeropuerto, la aproximación a la pista y velocidad del avión cuando este toca la pista, el punto de toque, la velocidad de salida, el promedio de desaceleración, y también el número de salidas. Otro factor que es muy importante y que influye en la localización de las calles de rodaje es que tan rápido y en que forma, el control de tránsito aéreo, puede manejar las llegadas y salidas de los aviones. La relación entre la ubicación de la pista y el edificio de pasajeros influye fuertemente en la localización de las calles de rodaje.

Es importante conocer el proceso de aterrizaje para conocer mejor la velocidad de salida del avión como se describe a continuación.

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Tomando como inicio el momento en que el avión cruza el umbral de la pista y desacelera en el aire hasta el momento en que el tren de aterrizaje principal toca la superficie del pavimento, en este punto, el tren de nariz no ha hecho contacto todavía con el pavimento. Para llegar a este punto, pasan más ó menos 3 segundos después de que el tren de aterrizaje principal tocó el pavimento. hasta que la llanta de nariz no ha tocado la superficie del pavimento, el avión no tiene forma de frenado. Una vez que el tren de aterrizaje principal y el tren de nariz están en contacto con el pavimento, el avión comienza el frenado y desaceleración hasta llegar a velocidad de salida. Para estimar aproximadamente a que distancia se debe localizar una calle de rodaje de salida a partir del umbral, se puede determinar de la siguiente manera; las distancias del umbral al punto de toque se toman como valores fijos para ciertas clases de aviones, por decir 300 m para aviones medianos 450 m para aviones grandes. A esta distancia hasta el punto de toque se le suma la distancia que él avión necesita para desacelerar hasta la velocidad de salida fig 2.7.



Donde.

d = distancia del umbral al punto de toque

D = distancia de desaceleración a la velocidad de salida.

Entonces la distancia del umbral hasta alcanzar la velocidad de salida es:

$$D_{ad} = d + D$$

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

La distancia D se calcula con la siguiente expresión.

$$D = \frac{Vt^2 + Vs^2}{2a}$$

donde:

D = distancia desde el toque hasta la velocidad de salida.

Vt = velocidad de toque.

Vs = velocidad de salida.

a = promedio de desaceleración.

Un ejemplo del cálculo de la distancia del umbral a la velocidad de salida se muestra a continuación.

Supongamos que hay una distancia del umbral al punto de toque de 450 m = d y un promedio de desaceleración de 1.6 m/s, y los valores de las velocidades son de 260 km/h para la velocidad de toque y de 95 km/h para velocidad de salida, por lo que la distancia del umbral a la velocidad de salida es:

$$D = d + D$$

$$D = 450 \text{ m.}$$

$$D = \frac{Vt^2 + Vs^2}{2a}$$

$$2^a$$

$$Vt = 260 \text{ km/h} = 72.2 \text{ m/s.}$$

$$Vs = 95 \text{ km/h} = 26.4 \text{ m/s.}$$

$$D = 1411 \text{ m.}$$

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Por lo que la distancia D es igual a:

$$D = 450 + 1411 \text{ m} = 1861 \text{ m}$$

La temperatura y altitud pueden llegar a afectar la localización de las calles de rodaje. También es importante conocer las condiciones donde se encontrará el aeropuerto, así como las condiciones climatológicas; para conocer con frecuencia se presentará la condición de pavimento mojado y condiciones de viento fuerte.

En el diseño de calles de rodaje se debe proporcionar un margen de seguridad en las áreas donde se realizarán operaciones, en estas áreas los caminos por donde se transita debe tener el suficiente espacio, es decir entre calles de rodaje y pistas, y otras calles de rodaje, calles de rodaje con objetos adyacentes fijos y móviles, etc.

Existen calles de rodaje de vía de circulación a terminal que se encuentran localizadas sobre un área de acceso a estacionamiento o posiciones de entrada. Una calle de rodaje de área de estacionamiento es una calle localizada por lo general en la periferia de un área de estacionamiento.

Otras componentes son necesarias para integrar las calles de rodaje con pistas, y otras calles de rodaje y plataformas, como áreas de espera y superficies de enlace se utilizan en uniones e intersecciones de calles de rodaje y pistas, las superficies de enlace ensanchan la calle de rodaje para que el tren de aterrizaje del avión tenga un margen adecuado que le permita maniobrar adecuadamente y proporcione un margen de seguridad

Las áreas de espera se localizan en los finales de la pista, estas son usadas como áreas de almacenaje para los aviones antes de despegar, las áreas de espera son diseñadas para que un

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

determinado avión pueda desviarse para pasar a otro que se encuentre adelante cuando esto sea necesario; existen muchas configuraciones de áreas de espera como rectangular, trapecial, etc.

PLATAFORMAS

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

Tipos de plataforma:

Plataforma terminal. Es un área designada para las maniobras y estacionamiento de las aeronaves situadas junto a las instalaciones de la terminal de pasajeros, desde esta área los pasajeros que salen del edificio embarcan en las aeronaves, cada uno de estos lugares de estacionamiento de aeronaves en la plataforma se les denomina puestos de estacionamiento de aeronaves.

Plataforma de carga. Para las aeronaves que solo transportan carga y correo puede establecerse una plataforma de carga separada junto al edificio terminal, es conveniente la separación de las aeronaves de carga y de pasajeros debido a los distintos tipos de instalaciones que cada una de ellas necesita en la plataforma y terminal.

Plataforma de estacionamiento de pernoctar. En los aeropuertos puede necesitarse una plataforma de la terminal donde las aeronaves pueden permanecer estacionadas por largos periodos, estas plataformas pueden utilizarse durante la parada estancia de la tripulación o mientras se efectúa el servicio y mantenimiento periódico menor de aeronaves que se encuentran alejadas de las plataformas de la terminal.

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Plataformas de servicio y hangares. Es un área descubierta adyacente a un hangar de reparaciones en el que puede efectuarse el mantenimiento de aeronaves mientras que una plataforma de hangar es un área desde la cual la aeronave sale y entra de un hangar de aparcamiento.

Plataforma para la aviación general. Las aeronaves de la aviación general son utilizadas para vuelos de negocios o de carácter personal, necesitan varias categorías de plataformas para atender distintas actividades de la aviación general.

Plataforma temporal. Las aeronaves de la aviación general que efectúan vuelos de carácter transitorio (temporal) utilizan este tipo de plataforma como medio de estacionamiento temporal, así como para el acceso de las instalaciones de aprovisionamiento de combustible, servicio de las aeronaves y transporte terrestre

Plataformas de aparcamiento base en un aeródromo. Las aeronaves que tienen su base en un aeródromo necesitan ya sea espacio de puesto de aparcamiento o amarre en una zona al descubierto.

Otras plataformas de servicio de tierra. Deberían establecerse en la medida necesaria, zonas para llevar a cabo las zonas de servicio, aprovisionamiento de combustible o carga y descarga.

Para determinar la superficie que se necesita para cada puesto de estacionamiento, es preciso conocer las calles de acceso al puesto, así como también las calles de rodaje que son adecuadas en la plataforma conjuntamente con otros puestos.

CAPITULO II.- PROYECTO DEL AEROPUERTO

Por lo tanto la plataforma requiere de una superficie total que depende del tamaño de los aviones, los márgenes de separación y métodos de estacionamiento, así como de la disposición geométrica de las calles de rodaje, barreras protectoras contra el chorro de los motores, zonas utilizadas para el estacionamiento de vehículos de mantenimiento, y los caminos utilizados para su desplazamiento

El tipo de diseño de plataformas más adecuado para satisfacer las necesidades en un aeropuerto, depende de muchos factores relacionados entre sí; por mencionar, la plataforma debe ser compatible con el diseño del edificio de pasajeros y viceversa. El volumen de tránsito que utiliza la plataforma es un factor importante para decidir el trazado de la misma, y que sea el más eficaz para satisfacer las necesidades del proyecto de edificio terminal. Así también si un aeropuerto tienen determinadas características de tránsito, puede ser que este necesite un proyecto especial de sistema de terminal y de plataforma.

CAPITULO III.- DISEÑO DEL EDIFICIO TERMINAL

La terminal aérea de pasajeros, constituye uno de los elementos principales de un aeropuerto.

Muchas de estas terminales han sido construidas como monumentos arquitectónicos dedicados al progreso regional o nacional de la aviación. Se tiene, por consecuencia que los usuarios están acostumbrados a lujos visuales que se exhiben en estos lugares.

FUNCIONES DE UNA TERMINAL AEREA DE PASAJEROS

La terminal aérea tiene tres funciones principales:

- a) Cambio de Circulación.- Los viajes aéreos son mezclados con una superficie de Acceso que conecta a uno u otro en el final de línea de transporte en estos cambios de una circulación a otro el pasajero se mueve físicamente a través de la terminal aérea de acuerdo a las necesidades de movimiento que son distribuidas por las áreas de circulación de pasajeros
- b) Proceso.- Es la revisión de boletos de pasajeros, comprobaciones de seguridad y controles gubernamentales, etc., en este tipo de funciones la terminal requiere de un procesamiento de pasajeros.
- c) Cambio de Tipo de Movimiento.- La nave transporta pasajeros en grupos separados lo cual se determina como "Movimiento en grupo" El mismo acceso de pasajeros dentro del aeropuerto casi siempre tiene una base continua de llegadas y salidas en pequeños grupos principalmente por autobús, auto, taxi y limosina La función de la terminal en el lado de las salidas es un embalse que recoge pasajeros continuamente y los transporta en lotes En el lado de las llegadas el modelo es a la inversa

CAPITULO III.- DISEÑO DEL EDIFICIO TERMINAL

La función primaria de una terminal es proveer circulación proceso y espacios de mantenimiento para operar fluidamente y garantizar un máximo nivel de servicio.

TERMINAL PARA USUARIOS

El diseño de una terminal debe cubrir todas las necesidades del usuario.

El usuario de una terminal tiene tres tipos principales de uso.

- a) El usuario y todos aquellos que lo acompañan
- b) La línea aérea.
- c) Operadores del aeropuerto

El máximo servicio de cupo hacia las necesidades de los usuarios es el objetivo principal de una terminal aérea.

FACILIDADES REQUERIDAS PARA UNA TERMINAL DE PASAJEROS

El diseño de la terminal proporciona un alto nivel tanto a los usuarios como a los visitantes, las líneas aéreas o trabajadores de tierra.

ACCESO Y LADO TERRESTRE EN LA INTERFACE

La terminal aérea debe cumplir con las facilidades de acceso, son sencillas para permitir la transferencia de flujo de pasajeros desde un acceso disponible hasta a través de la terminal y viceversa. Estas facilidades incluyen, pasillos de registro de equipaje, servicio de carga de equipaje, taxis, limosinas y superficies de rápido acceso.

AREAS DE PROCESAMIENTO.

Están asociadas con procesamiento de usuarios, estas facilidades incluyen: boleto de auto y registro de pasajeros, registro de equipaje, asignación de asiento, registro de sala donde se desee entrar y salir en la Aduana control de inmigración, control de salud, chequeo de áreas de seguridad, reclamo de equipaje, etc.

AREAS DE SOSTENIMIENTO

Son áreas donde el usuario pasa la mayor parte de su tiempo, fuera de las áreas de procedimiento.

Las siguientes facilidades deben ser consideradas:

- Sala de espera general - Salidas y puertas de sala de espera
- Areas de servicio para pasajeros.- Sanitarios, Teléfonos Públicos, Correo, Información Primeros Auxilios, Fuente de Sondas, etc.
- Concesiones.- Bar, Restaurantes, Puesto de Revistas, Tienda Libres de Impuestos, Reservaciones de Hotel, Bancos, Casas de Cambio, Seguridad, Renta de Autos, etc.
- Información y Lobbies para visitantes

CIRCULACION INTERNA Y LADO AEREO DE LA INTERFACE

La circulación interna es manejada por corredores, pasillos, escaleras eléctricas, bandas eléctricas y rampas.

Los requerimientos del lado aéreo de la interfaces, facilidades para el cargamento tales como caminos para las naves, escaleras, puestos aéreos, y salas de espera móviles.

En facilidades internacionales, las salas de tránsito de pasajeros podrían ser necesarias.

LINEA AEREA Y ACTIVIDADES DE SOPORTE

La terminal de la línea aérea es designada principalmente para los usuarios, y aunque no están familiarizados con esta, todos los diseños deben cumplir para la línea aérea, como son las siguientes:

1. Oficinas para la línea aérea, oficinas para documentación, facilidades para la tripulación, baños para tripulación y trabajadores, áreas de descanso.
2. Almacén para sillas de ruedas, carretillas.
3. Oficinas para gerencia y oficinas de seguridad.
4. Oficinas gubernamentales, áreas de soporte para trabajadores en el área de aduanas inmigración, salud, controladores de tráfico.
5. Señales, indicadores, información de vuelo.
6. Oficinas de mantenimiento y áreas de soporte y almacén con equipo de mantenimiento

FLUJO DE PASAJEROS Y EQUIPAJE

El diseño del flujo de pasajeros y equipaje lo diseña un especialista.

En vuelos nacionales se omiten trámites como migración y aduana.

SEGURIDAD Y CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LA TERMINAL

Las siguientes recomendaciones deben de tomarse en cuenta para evitar actos ilícitos

1. La separación física de llegadas y salidas de pasajeros en el lado aéreo.

Estas pueden incluir movimiento de pasajeros en diferentes niveles de la terminal y ciertamente incluir espacios de circulación adicional para pasillos, etc.

2. Seguridad y registro para pasajeros y equipaje de mano puede ser centralizado y descentralizado en salas separadas.

Centralizar la seguridad puede requerir una área grande con espacio suficiente para registro de equipaje El registro de una sala descentralizada puede requerir más espacio y equipo

3. Prohibir la entrada a visitantes dentro de las áreas de seguridad de la terminal.

4. Aislamiento de muelles por barreras físicas por ejemplo; colocación rápida de rejas en actos terroristas

5. Provisión de espacios extras para registro en vuelos de alta seguridad que permitan robar a los pasajeros y registrarlos.

CAPITULO III.- DISEÑO DEL EDIFICIO TERMINAL

6. Rayos X a detectores de bombas para todo tipo de equipaje el cual requiere un espacio adicional para registro a la salida del equipaje de la sala.
7. División de la terminal dentro de un convenio de "Lado Aéreo Limpio-Lado Terrestre Sucio". Este es por medio de la decisión de centralizar o descentralizar los peines de seguridad.
8. Eliminar los estacionamientos de las terminales. Integrar los estacionamientos, ni arriba ni abajo de la terminal un blanco atractivo para los carros bomba
9. Prohibir áreas izquierdas de equipaje para no checar maletas, requerirá la provisión de un dispositivo izquierdo de equipaje.
10. Escritorios de vigilancia para vigilar las pistas por delante de los hangares y otras áreas de operación deben ser resguardadas
11. Evitar la apertura de mezanine en áreas no vigiladas de la terminal.
12. Construcción de edificios que reduzcan las exposiciones. Las consideraciones deben de ser dadas para evitar el uso excesivo de áreas de cristal.
13. Lo que traslade a los pasajeros debe garantizar que el ascenso y descenso de pasajeros del avión no se mezcle.
14. Para vuelos muy delicados, registrar las áreas donde los pasajeros se reúnen en grupo identificable, deben de estar dentro de un área de seguridad

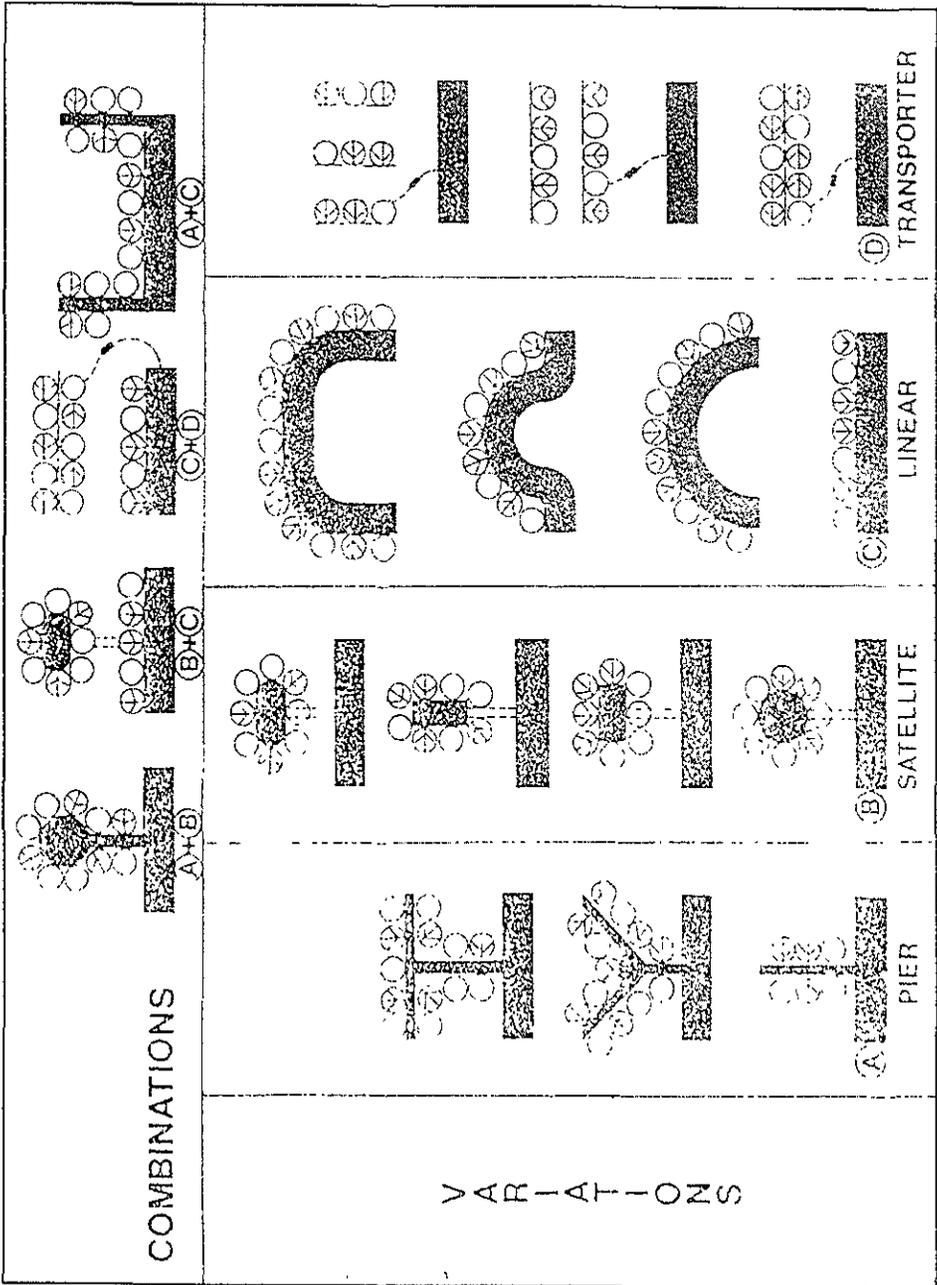
15. El sistema de la terminal en la sala de llegadas el cual está basado en una simple "Parada de Autobús"

CONCEPTOS EN CUANTO AL DISEÑO DE LA TERMINAL

El diseño de una terminal depende de la naturaleza del tráfico aéreo que se ha manejado en el aeropuerto, el concepto de diseño escogido es una función de algunos factores:

- La demanda del tráfico.
- El número de aerolíneas participantes
- El tráfico de vuelos nacionales.
- El tráfico de vuelos internacionales
- Horarios.
- Vuelos "chantres".
- La capacidad física del mismo.
- Accesos.
- Financiamiento.

Algunos ejemplos son:



CAPITULO III.- DISEÑO DEL EDIFICIO TERMINAL

APPLICABLE TO ANNUAL OPERATIONAL PASSGERS	CONCEPTS APPLICABLE					PREFERRED METHODS OF DESIGN							
	LEVEL	PIER	SATELLITE	TRANSFER	PLANE	STAIRS	ELEVATOR	WALKWAY	TRUCK	TRUCK	TRUCK	TRUCK	TRUCK
SECONDARY UNDER 25,000	X					X	X						
SECONDARY 25,000 TO 75,000	X					X	X						
75,000 TO 200,000	X					X	X						
200,000 TO 500,000	X	X				X	X						
PRIMARY OVER 750,000 PAX OR 500,000 TO 1,000,000	X	X	X			X	X						
OVER 750,000 PAX TRANSFER 500,000 TO 1,000,000	X	X	X			X	X						
OVER 750,000 PAX OR 1,000,000 TO 3,000,000		X	X	X		X	X						
OVER 750,000 PAX TRANSFER 1,000,000 TO 3,000,000		X	X			X	X						
OVER 750,000 PAX OR OVER 3,000,000		X	X	X		X	X						
OVER 750,000 PAX TRANSFER OVER 3,000,000		X	X			X	X						

DISTRIBUCION VERTICAL DE ACTIVIDADES

A continuación se explicarán diferentes tipos de flujo de pasajeros y equipaje

Un nivel. Presenta una gran dificultad para expandirse a futuro por la demanda de pasajeros.

Uno y Medio Nivel. Trabaja eficientemente en los aeropuertos de pocos vuelos porque la salida de pasajeros requiere más facilidades que la llegada de pasajeros muchos vuelos nacionales designan lugares con más facilidades, llegadas, el manejo de equipaje en los niveles bajos y facilidades en las salidas, en los niveles altos

CAPITULO III.- DISEÑO DEL EDIFICIO TERMINAL

Dos Niveles. Tiene ventajas de máxima ubicación en su utilización y puede proveer buenas características de flujo con un mínimo de conflictos, recomendado para volúmenes de gran tráfico.

Tres Niveles. La forma más usual de separaciones de salidas y llegadas de flujo de equipaje este arreglo pareciera que le da la mejor separación posible en flujos de conflicto pero la expansión de este tercer piso de operaciones no puede ser garantizado aún en flujos relativamente altos.

COMPORTAMIENTO DE PASAJEROS EN LA TERMINAL

Es importante que el tiempo que pase el usuario en un aeropuerto debe de ser confortable, cómodo a la vista, considerando que este puede ser el fin del viaje.

Se considera que los aeropuertos deben tener la misma imagen como sus grandes aerolíneas, como su imagen premiar

Se debe de conocer el tipo de viajes que se van hacer, como viajes de negocios, trámites sencillos, viajes internacionales.

IMPORTANCIA DE LA EXTENSION EN LA TERMINAL

Para la salida los pasajeros pasan un gran tiempo en áreas de espera, una muy pequeña porción del tiempo de las terminales es de hecho gastado en secuencias de procesamiento

CAPITULO III.- DISEÑO DEL EDIFICIO TERMINAL

Consecuentemente la facilidad de las terminales son diseñadas para atraer a los pasajeros a áreas concesionadas; gracias a estas conexiones, el aeropuerto tiene ingresos estructurales. Con este ingreso el aeropuerto da mantenimiento a diferentes áreas

REQUERIMIENTOS DE ESPACIO PARA FACILIDADES INDIVIDUALES

Para asegurar el orden y la tranquilidad en cuanto al funcionamiento de la terminal, las facilidades individuales de las áreas que forman las partes constituyentes, deben de ser diseñadas para acomodar el nivel y tipo de pasajeros que ellos están esperando experimentar.

Este proceso ideal requiere los siguientes pasos:

- Determinación en el diseño de la demanda de las horas pico

- Declaración del tráfico de pasajeros por clase.

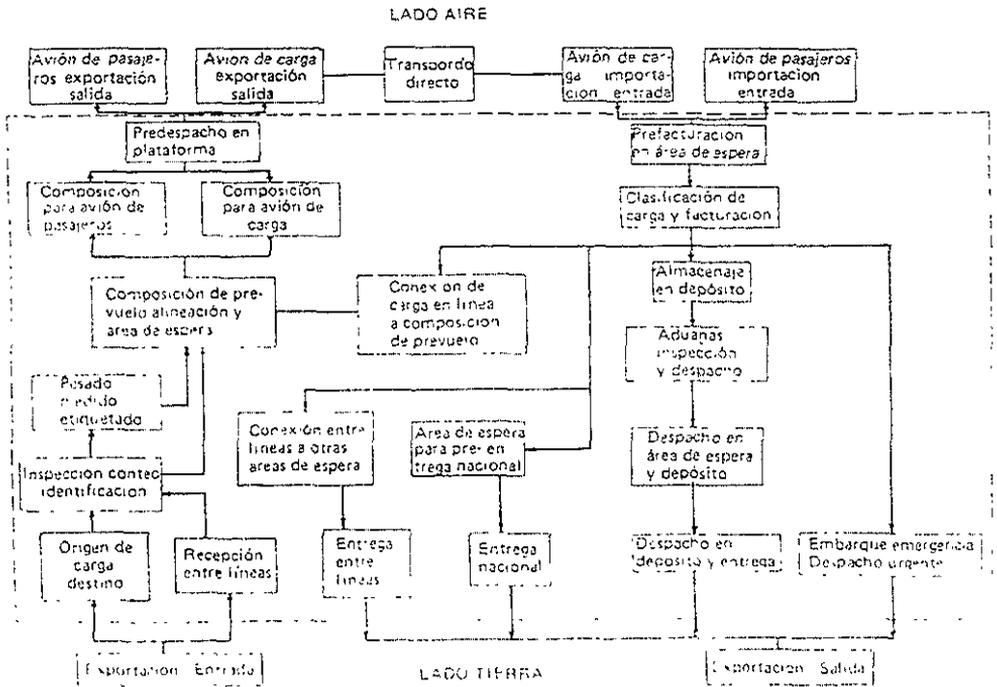
- Identificación de las facilidades de volumen.

- Calcular los espacios requeridos

EQUIPAJE

En la siguiente figura se muestran un posible flujo de equipaje desde que se recoge, hasta que se revisa en el área de reclamo, la parte más compleja del manejo de un equipaje, es la parte de la salida del viaje.

Previa a la llegada en el salón de salidas de equipaje, el equipaje debe de ser checado.



lentas a otras
áreas de espera

FALTA PAGINA

No.

66

CAPITULO III.- DISEÑO DEL EDIFICIO TERMINAL

ANALISIS DE FLUJO VFRAYES DE LA TERMINAL

El modelo de flujo a través del aeropuerto puede ser extremadamente complejo, un conocimiento del flujo, ya sea diario o por hora, es insuficiente para detallar el diseño de algunas instalaciones, desde que los flujos son de una variable naturaleza importante, aún durante el diseño de los periodos pico.

Para ser capaz de examinar el comportamiento detallado de los pasajeros y flujo de equipaje, la interacción del diseño de una a otra contiene 3 principales métodos de análisis que son usados:

- Red de análisis
- Teoría de flujo
- Simulación.

CONFIGURACION DE ESTACIONAMIENTOS

La forma del lado aéreo de la interfaces y el diseño de las dimensiones de la apertura, depende del número de puertas y configuración de estacionamientos que sean escogidas.

El diseño de encendido y apagado tiene 5 consideraciones básicas

NARIZ, ANGULO NARIZ,	NARIZ DERECHA,	ANGULO NARIZ
PARALELO		
LLEGADA	SALIDA	SALIDA

CAPITULO IV.- DRENAJE Y PAVIMENTO DE UN AEROPUERTO

El diseño del sistema de drenaje del aeropuerto es primordial para garantizar la eficiencia y seguridad operacional del aeropuerto, la estabilidad del pavimento. Las instalaciones inadecuadas del drenaje pueden resultar un daño muy costoso debido a que podrían ocasionar una inundación de las pistas y del propio aeropuerto, así como interrumpir el tráfico aéreo.

ESCURRIMIENTO

El método más usual para el diseño de drenaje de aeropuerto es el método racional. A continuación mencionaremos los factores que influyen en la magnitud del escurrimiento de superficie

Coefficiente de escurrimiento. Cuando llueve, parte de esta precipitación se evapora, otra queda en la vegetación, y otra se filtra llenando irregularidades del terreno o depresiones pequeñas en la superficie del terreno. Para calcular este coeficiente de escurrimiento se diseña el drenaje para una tormenta menos las pérdidas anteriores mencionadas.

La mayoría de los procedimientos analíticos involucran un coeficiente de escurrimiento C para uso en la fórmula racional dependiendo de la superficie.

Intensidad de precipitación, duración y frecuencia. La intensidad de precipitación es la cantidad de lluvia que cae expresada en mm/s, la intensidad de precipitación debe discutirse en frecuencia y duración.

CAPITULO IV.- DRENAJE Y PAVIMENTO DE UN AEROPUERTO

Método racional. El método racional recomienda:

$$Q = CIA$$

Donde:

$$Q = \text{Gasto de escurrimiento}$$

$$C = \text{Coeficiente de escurrimiento.}$$

$$I = \text{Intensidad de lluvia.}$$

$$A = \text{Area}$$

DISEÑO DE CANALES ABIERTOS

Las zanjas o canales abiertos, generalmente constituyen una parte importante de un sistema de drenaje total del aeropuerto.

El tamaño, la forma, y la inclinación de estos canales debe determinarse cuidadosamente para evitar inundaciones, erosión y aislamiento.

SUPERFICIE DEL DRENAJE

Los sistemas de drenaje especiales pueden requerirse para evitar y controlar los efectos de la lluvia en la superficie.

Los sistemas se instalan comúnmente para evitar saturación y desprendimiento de las capas del pavimento y para evitar los daños por las heladas.

La superficie del drenaje tiene tres funciones.

- Desaguar y mejorar el suelo.
- Interceptar y desviar de la superficie las corrientes
- Controlar el agua en el subsuelo.

PAVIMENTO ESTRUCTURAL

El pavimento debe ser capaz de resistir el peso del avión sin distorsionarse o sufrir alguna ruptura, se debe alisar, estar firme, estable y libre de cualquier partícula que pueda ser soplada o empujada arriba por la hélice, debe ser útil en todas las temporadas y en todos tipos de clima.

Debe poder hacer lo siguiente.

- Resista los efectos o aplique las cargas y distribuir esas cargas a capas subyacentes
- Resista deterioro debido al ambiente y efectos raspantes de tránsito.
- Superficie resistente

DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

La FAA recomienda el diseño de pavimento flexible evaluando e identificando en condiciones precisas al pavimento El método recomendado requiere de una investigación completa a todo lo largo de la pista del tipo de suelo y su distribución

DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO

Este método solo se hará mención ya que para calcularlo se necesitan datos de los aviones que llegarán al aeropuerto

REQUERIMIENTOS DE LOS PILOTOS EN LAS AYUDAS VISUALES

Los dos factores subyacen la necesidad que el tránsito aéreo controle con seguridad y eficiencia. El usuario individual debe tener espacio aéreo suficiente para evitar el riesgo de extravíos y colisiones, pero para mantener suficiente capacidad de movimiento en áreas pesadamente traficadas, la eficiencia exige que el uso individual de aire espacio sea mínimo dentro de las limitaciones de seguridad.

OPERACIONES DE ATERRIZAJE DE UNA AERONAVE

El tránsito aéreo mueve debajo el vuelo visual de mando o vuelo de instrumento de mando, dependiendo de las condiciones de tiempo, así como también de la ubicación y alturas de trayectorias de vuelo. En general, VFR de operaciones predominan cuando las condiciones de tiempo son buenas suficientes que la aeronave puede ser operada por la referencia visual al terreno y otra aeronave, y cuando las densidades de tránsito son suficientemente depresión para permitir que el piloto dependa de la visión más bien que de lecturas de instrumento. IFR de condiciones existen cuando la visibilidad o el cielo raso (la altura de nubes arriba el terreno nivela) cae más adelante que prescribió para VFR de vuelo o cuando las densidades de tránsito aéreo requieren que IFR controle condiciones.

ESPACIO AÉREO CONTROLADO Y NO CONTROLADO

El espacio aéreo controlado y no controlado: En el espacio aéreo controlado, el vuelo se conduce según la altura promulgada y dirigir las combinaciones.

Tres tipos diferentes de control en áreas terminales:

- El área terminal de control.
- El radar terminal atiende de área.
- El radar de aeropuerto atiende de área.

ASISTENCIA DE NAVEGACIÓN

Como la actividad de tránsito aéreo continúa creciendo, hay una necesidad de asistencia de navegación, los límites de error de navegación en la separación horizontal o vertical. A la depresión tránsito de densidades, el grado de sofisticación de navegación requerido es la depresión generalmente pero como la congestión de transita aéreo crece, las asistencias de navegación se necesitan dar todo el tiempo de operación que es altamente confiable y segura. Las asistencias de navegación que son el terreno basó o aerotransportado pueden convenientemente clasificarse como navegaciones ayuda de ruta, navegación terminal aérea y asistencia de aterrizaje.

BALIZAS DE MARCADOR

Las balizas de marcador identifican una ubicación específica en el espacio aéreo a lo largo de una aerovía, por medio de un 75 MHz la señal direccional, que transmite a la aeronave vuelo superior.

Ellos se usan para terminar la ubicación exacta sobre un curso determinado. Los marcadores se usan primariamente en la salida o los enfoques de instrumento procedimientos, como la posición o dificultades de tenencia que informa puntos, en conjunción con el instrumento o asistencias de navegación en ruta aterrizas sistemas.

LAS COMUNICACIONES

Las comunicaciones son realizadas por los transmisores y los receptores de radio ubicados ambos en la aeronave y sobre el terreno. La aeronave civil primariamente usa VHF de radio oscila, considerando uso militar de aeronave UHF gamas de radio. Las comunicaciones de aire a tierra son necesarias permitir pilotos de recibir las instrucciones de vuelo como ellos progresan a lo largo de las aerovías a sus destinos si no sobre los planos de vuelo, para obtener informes de lluvia adelante, y para alterar vuelo planificando como requiriendo.

AEROPUERTO ILUMINADO

El enfoque visual inclina sistema de indicador (VASIS). Una asistencia visual importante al enfoque final al umbral de pista de aterrizaje es el visual indicador de inclinación de enfoque sistema (VASIS). Que se abastece frecuentemente además de otras visual, no visual apropiadas asistencias. VASIS es comúnmente atascado cuando uno o más de las condiciones siguientes existe:

1. La pista de aterrizaje es usada por una aeronave.
2. El piloto puede tener dificultad en juzgar el enfoque final a causa de la referencia visual inadecuada sobre el agua a causa del terreno defraudante de circunvalación o extraviando inclinaciones de pista de aterrizaje.
3. Hay peligros serios en el área de enfoque que la aeronave se hundió más adelante la trayectoria normal de enfoque.
4. La turbulencia se encuentra para existir a causa del terreno o las condiciones meteorológicas.

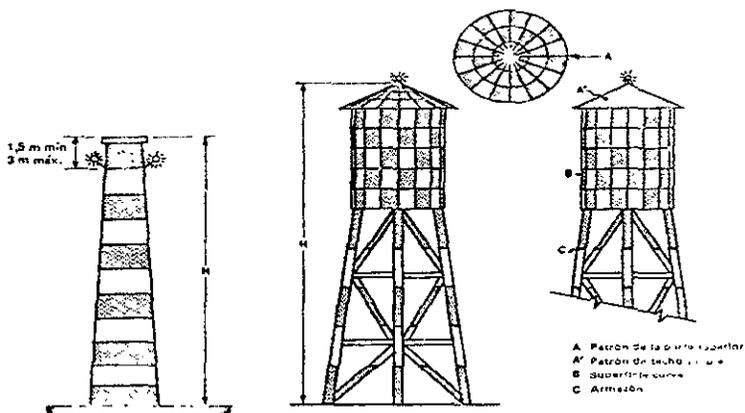
LA PISTA DE ATERRIZAJE

A veces las luces se ponen a los fines de pista de aterrizaje para ayudar en la identificación rápida y positiva del fin de enfoque de la pista de aterrizaje. El sistema de dos luces de destello sincronizado, uno a cada fin del umbral de la pista de aterrizaje.

LA PISTA DE ATERRIZAJE LÍNEA CENTRAL

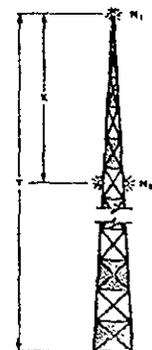
La pista de aterrizaje línea central y sistemas de iluminación de zona,, facilitan aterrizajes y despegues. El tanto zonifica el lucir son primariamente para aterrizar, y línea central el lucir ayuda en después de proporcionar guía primaria de despegue. Ambos sistemas se diseñan para el uso en conjunción con las asistencias electrónicas de precisión y el enfoque estándar que ilumina sistemas bajo la visibilidad limitada.

Ejemplos de iluminación:



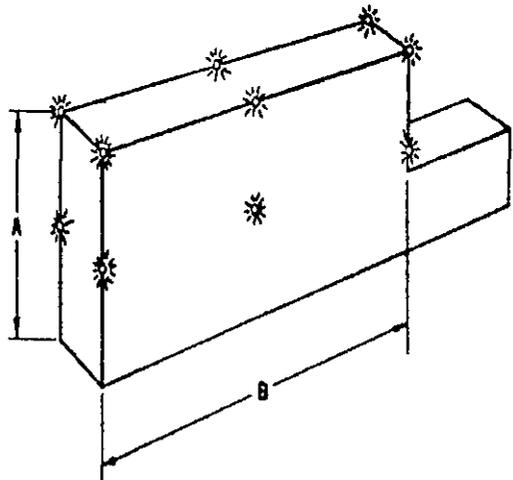
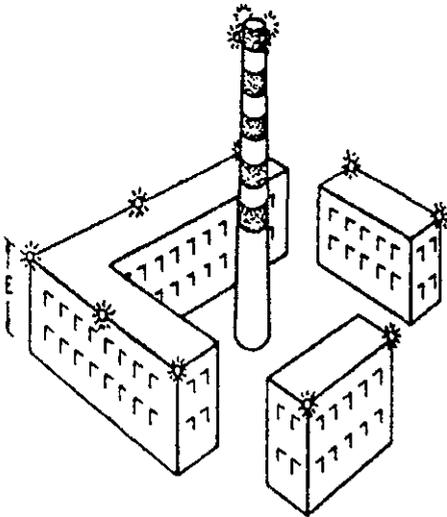
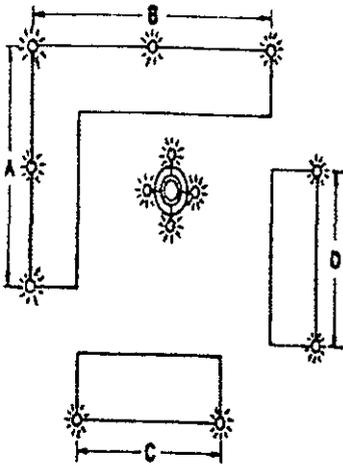
- A. Patrón de la parte superior
- A' Patrón de techo
- B. Superficie curva
- C. Armazón

Nota: En los ejemplos anteriores, H es menor de 45 m.
Para alturas superiores a ésta deben añadirse luces intermedias, como se muestra a continuación.



$$\text{Número de luces} = N = \frac{Y \text{ (metros)}}{45}$$

$$\text{Espaciado de las luces} = X = \frac{Y}{N} \leq 45 \text{ m}$$



A, B = 45 m - 90 m
C, D, E < 45 m

SEÑALAMIENTO DE OBSTÁCULOS

Debe señalarse e iluminarse (si se presentan operaciones nocturnas en el aeropuerto) todos los obstáculos (fijos o móviles):

- a) Con altura cercana a los límites impuestos por las superficies limitadoras de obstáculos.
- b) Situados próximos al aeropuerto si se considera que existe un riesgo.
- c) Ubicados próximos a calles de rodaje o plataformas.

Los vehículos y otros objetos móviles que estén en el área de movimiento de un aeropuerto (excepto las aeronaves) se consideran obstáculos y deben señalarse.

En particular deben señalarse líneas eléctricas elevadas, torres altas y edificios de varios niveles; para los señalamientos se utilizarán cuadros o bandas con colores blancos y rojos (en los vehículos pueden utilizarse banderolas).

El cuadriculado se utilizará si la superficie del obstáculo no tiene prácticamente interrupción y su proyección sobre un plano vertical es igual ó mayor a 4.5 m en ambas dimensiones. El cuadriculado debe estar formado por rectángulos cuyos lados midan 1.5 m como mínimo y 3.0 m como máximo.

Deberán señalarse con bandas cuando una de sus dimensiones es mayor a 1.5 m y la otra menor a 4.5 m; o si tiene configuración de almacén ó estructura con una de sus dimensiones mayor que 1.5 m

El ancho de las bandas será conforme a especificaciones.

CAPITULO V.- SEÑALIZACIÓN Y ALUMBRADO.

Balizas: Pueden ser de diversas formas, deben ser frangibles o ligeras, deben definir la horma del obstáculo y deberán verse desde el aire cuando menos a 1000 m y las que se vean desde tierra a 300 m. en tiempo despejado.

En líneas eléctricas serán esféricas y de diámetro igual o mayor a 60 cm. la separación será de 30 m para balizas de 60 cm., de 35 m para las de 80 cm. y 40 m para las de 130 cm. un solo color, de preferencia rojo o contrastante con el medio.

Banderas.

Para obstáculos fijos. Cuadradas de por lo menos 0.60 m de lado, un solo color.

Para obstáculos móviles. Cuadradas de 0.90 m de lado cuadros de 0.30 m de lado.

Iluminación. Se utilizará cuando el aeropuerto tenga operaciones nocturnas.

Baja intensidad ó media. Cuando el objeto es extenso, árboles ó su altura es mayor a 45 m y menor a 150 m.

Alta intensidad. Cuando la altura es mayor a 150 m o es una torre o cables de energía eléctrica que constituyan un riesgo previo estudio aeronáutica.

Las luces se colocaran en la parte superior del objeto, excepto en chimeneas o estructuras similares que estarán entre 1.5 m y 3.0 m por debajo de la cúspide, si la parte superior del objeto esta a mas de 45 m sobre el terreno, se colocarán luces intermedias espaciadas uniformemente con separación menor a 45 m. si son luces de baja o media intensidad y menor a 105 m. si son de alta intensidad.

CAPITULO V.- SEÑALIZACIÓN Y ALUMBRADO.

Las luces de baja intensidad serán luces fijas de color rojo si son obstáculos fijos o de destello (60 a 90 por minuto); color amarillo si están en obstáculos móviles.

Las luces de mediana intensidad serán luces fijas de color rojo si son obstáculos fijos o de destello (60 a 90 por minuto) color amarillo si están en obstáculos móviles.

Las luces de alta intensidad serán de destello de color blanco (40 a 60 por minuto). En torres deberán destellar primero la luz intermedia, enseguida la superior y por último la interior (pág. 91 copias).

ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLE

El cálculo del número de posiciones simultáneas en la plataforma es de mucha importancia, ya que con esto, se puede diseñar las pistas de aterrizaje, calles de rodaje y plataformas de operación.

Una vez localizadas en ella las posiciones de las aeronaves, se estudiará si se opta porque el suministro de combustible a las aeronaves sea directamente por tubería (desde la zona de almacenamiento), y se localizan las posiciones donde deberán ubicarse los hidrantes.

La demanda máxima de turbosina (picos) en un momento dado, está en relación directa con el número de aeronaves estacionadas en ese momento en la plataforma y que requieren de este servicio.

No todas las posiciones simultáneas requieren el suministro al mismo tiempo.

Tiempo necesario para cargar combustible:

El tiempo de estacionamiento de las aeronaves en la plataforma varia de 45 minutos para vuelos internacionales a 30 minutos para vuelos nacionales. En ese lapso se deben realizar múltiples operaciones como bajar y subir pasaje, bajar y subir carga, etc.

El tiempo estimado para carga de combustible de las aeronaves varía de 20 a 30 minutos máximo.

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

La mayoría de las naves no cargan el 100% de la capacidad de sus tanques de almacenamiento. Por observaciones directas se ha visto que las aeronaves con rutas internacionales cargan un promedio de 12,000 litros mientras que las aeronaves con rutas nacionales cargan un promedio de 4,000 litros.

Hay que tomar en cuenta el tipo de aeronaves a las que hay que suministrarle combustible; no todas tienen la misma capacidad de carga, ni tampoco el mismo consumo por kilometro recorrido.

El lapso transcurrido entre demandas máximas, es un factor importante que hay que tomar en cuenta para el cálculo de la capacidad de almacenamiento de los tanques, en virtud de que el combustible debe estar reposado y limpio de contaminación. Este tiempo, entre una demanda máxima y otra, es de 24 horas.

Formas de suministrar combustible a la zona de almacenamiento:

El proyecto deberá iniciarse a partir de las demandas de combustible actuales y futuras, tanto para la capacidad de almacenamiento, como para el equipo de suministro a aeronaves. Con respecto a la capacidad de almacenamiento es necesario el estudio de la forma de suministro a la zona de almacenamiento.

1. Por medio de auto-tanques (pipas)
2. Por medio de carro-tanques (ferrocarril)
3. Por medio de barco-tanque
4. Por medio de transporte aéreo.
5. Por medio de oleoducto.

Formas de suministrar combustible a las aeronaves.

Por medio de auto-tanques.

El auto-tanque es un vehículo de propulsión propia, que tiene montado un tanque, el cual es cargado de combustible en la planta y se traslada a la plataforma de operaciones para ubicarse debajo del ala del avión para de ahí alimentarlo.

Este auto-tanque deberá llevar su equipo de bombeo, el cual funciona con el motor del vehículo, llevará equipos de filtración y medición, así como equipos de control de presión y de flujo.

En aeropuertos donde el movimiento de aeronaves es muy intenso y la carga pico bastante alta, es necesario gran cantidad de estos vehículos, además de que las necesidades de demanda de combustible de las aeronaves esta por encima de la capacidad de almacenamiento de estos vehículos, por lo que en muchas ocasiones son necesarios 2 auto tanques para surtir un aparato.

Por medio de hidrantes.

Por este medio el combustible es enviado a presión a través de una tubería fija que llega hasta una válvula (hidrante) localizada en posiciones fijadas para las aeronaves en plataforma.

Cuando se tiene espacio apropiado cerca de la plataforma, se puede pensar en un sistema de almacenamiento en la zona y tanques auxiliares de demandas máximas localizadas cerca de la plataforma de operaciones.

Este sistema puede ser el más económico cuando la zona de almacenamiento está bastante retirada de la plataforma y el ahorro en tuberías y equipos de bombeo es bastante aceptable, aunque el costo de mantenimiento y operación sean un poco más altos que el ejemplo anterior. Este sistema puede utilizar una o varias bombas de baja presión para el llenado de los tanques auxiliares y las tuberías para alimentar estos tanques serían de menor diámetro.

Por medio de estaciones tipo gasolinera.

Este sistema consiste en instalar en la "isleta" que está entre las plataformas (de operaciones y avionetas) una estación del tipo de las gasolineras, con un almacenamiento calculado en función de las operaciones y volúmenes de carga cuyos tanques pueden ser subterráneos o atmosféricos. Estas estaciones dan servicio exclusivamente a aeronaves pequeñas (avionetas).

Cada uno de los casos señalados anteriormente, deberán ser estudiados individualmente, para determinar en cuanto a su operación y costo, cuál resulta ser el más conveniente para cubrir las necesidades.

Básicamente los sistemas móviles (auto-tanques) tienen una considerable ventaja: que pueden cargar combustible a un avión en cualquier parte del aeropuerto o, pueden ser trasladados a otro aeropuerto cuando sus servicios sean necesarios, mientras que con el sistema fijo no existe esta flexibilidad.

El sistema de hidrantes presenta la ventaja de continuidad en el abastecimiento, que si en la zona de almacenamiento se tienen suficientes reservas, el servicio puede ser continuó, cosa que no sucede utilizando los auto-tanques.

Localización de la zona para almacenamiento.

Los principales factores que intervienen en la localización de una zona para almacenar combustible son los siguientes:

Especificaciones para la operación de las aeronaves en un aeropuerto, ya que no deben ser obstáculos para el movimiento de las aeronaves.

Deben permitirse ampliaciones futuras. El constante aumentar del consumo de combustible debe permitir que la zona de almacenamiento no tenga restricciones futuras en cuanto a su ampliación en general.

Debe estudiarse la localización en cuanto a la forma de suministro de combustible a la zona, pues puede resultar más económico que esté localizada cerca de un camino, una vía de ferrocarril, un muelle o un oleoducto.

Para la ubicación de la zona, hay que tomar en cuenta la topografía del terreno, ya que un terreno alto con respecto a las plataformas nos ahorra energía en los motores de las bombas, así como también el drenaje pluvial de la zona no presentaría problemas.

- Ubicar la zona lo más cercana posible de la plataforma de operaciones.

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

- Que la zona esté del lado de la plataforma de avionetas.
- La zona de almacenamiento no deberá situarse cerca de un foco de posible incendio.
- Tratar de no interferir con los drenajes del aeropuerto.

Dimensiones de la zona de almacenamiento.

- 1 - Número y tamaño de los tanques para el almacenamiento de combustible.
- 2.- Tipo o forma de éstos.
- 3.- Forma de suministro de combustible a la zona.
- 4.- Manera de alimentar el combustible a las aeronaves.
- 5.- Necesidades futuras.

Factores que determinan la capacidad y número de tanques:

- a).- Frecuencia y volumen de llenado.
- b).- Distribución de llenados.
- c).- Demanda promedio diario y demanda pico.
- d).- Tiempo de asentamiento del combustible. Se ha observado que para la turbosina la velocidad de asentamiento de los contaminantes es de 0.31 m/hr., y para las gasolinas de aviación esta velocidad es de 1.22 m7hr.
- e).- Distancia del centro productor al aeropuerto.
- f).- Posibilidad de interrupción en el suministro de combustible al aeropuerto.

Tipo de tanques para almacenamiento:

Estos pueden ser: cilíndricos verticales (de techo fijo o flotante), cilíndrico horizontal, esférico, cúbicos, etc., además los tanques pueden estar instalados en forma subterránea o bien sobre el piso.

a).- Tanques subterráneos.

Sus ventajas:

Riesgo mínimo de incendio y explosión, no necesitan bomba para descarga de auto-tanques, no requiere diques para el caso de derrame, no requieren pasillos, escaleras, tienen menos pérdidas por evaporación, menos riesgos de descargas eléctricas atmosféricas.

Sus desventajas:

Mayor costo por excavación, si existen aguas freáticas se tiene problema de corrosión, es necesario instalar bomba especial para el drenado de estos tanques, no se localizan fácilmente las fugas si las hay.

b).- Tanques montados sobre el piso.

Sus ventajas:

Se requiere un mínimo de excavación y cimentación, menos pérdidas por carga de succión, fácil inspección y mantenimiento, escurrimiento de agua hacia adentro no es probable, las fugas de combustible son visibles, su drenado es mejor, se requiere un mínimo de protección contra la corrosión, facilidad para ejecutar sus reparaciones, su renovación y recuperación.

Sus desventajas:

Se tiene mayor riesgo de incendio y explosión, se requieren diques para derrames, mayores pérdidas por evaporación, se tiene el riesgo por las descargas atmosféricas, si se utiliza techo flotante puede hacer depósitos de sólidos en las paredes.

Necesidades de protección de la zona para almacenamiento.

Estas pueden ser:

- 1.- Para atacar incendios. Estas instalaciones constan de un tanque para almacenamiento de agua una red de tubería e hidrantes, así como también un equipo a base de espuma que es inyectada a los tanques y diques por medio de tuberías para contrarrestar un posible incendio.
- 2.- Equipos para prevenir descargas eléctricas sobre la zona.
- 3.- Cercado perimetral de malla ciclónica.

Necesidades de manejo y mantenimiento de la zona para almacenamiento.

Equipos para el manejo de combustible:

a).- Equipos de filtración:

Para eliminar impurezas en el combustible, se pueden utilizar dos tipos de filtros: coladores filtros canastas de malla de alambre, que por especificación no puede ser más abierta que el No. 40. Estos filtros canastas se instalan antes del equipo de bombeo. Con esto se evita

que la bomba sufra desgastes por el arrastre de costras de metal. Otro filtro que debe usarse es el llamado filtro separador, el cual a través de sus elementos elimina el agua que traiga el combustible, además de retener pequeñas partículas sólidas en suspensión. Por especificación debe detener partículas de 10 micrones o mayores. Este filtro separador deberá instalarse antes de la entrada de los tanques, así como también antes de surtir combustible a los auto-tanques; también a la salida de los tanques.

b).- Equipos de bombeo.

Las bombas deberán estar localizadas lo más cerca posible de los tanques de almacenamiento o de las tomas de descarga de los auto-tanques, con el objeto de que la carga neta positiva de succión se conserve lo más alta posible y así evitar un mal funcionamiento de la bomba. El uso de una casa de máquinas no es recomendable, por los líquidos que se manejan, las bombas y motores serán a prueba de intemperie.

c).- Equipos de medición.

Pueden ser medidores de gasto; éste equipo deberá contar con un medidor, totalizador, así también, antes del medidor llevará un filtro colador y deaireador. Otro equipo de medición sería un manómetro, este, se instalará sobre la tubería de descarga de la bomba.

d).-Equipos para distribución.

Podemos considerar como equipo de distribución; tuberías y válvulas. Las válvulas a utilizar pueden ser de compuerta, macho, retención, mariposa, válvulas adaptadas (hidrantes) y boquillas o válvulas de nariz.

e).- Las válvulas de compuerta.

Generalmente son usadas para el bloqueo de líneas, se utilizan en la entrada y salida de

los tanques de almacenamiento para bloquear al tanque en caso de algún desperfecto en las líneas o en el mismo tanque. También son de utilidad en las tuberías de purga o drenado por requerirse pequeños diámetros.

f).- Válvulas de tipo macho.

Se instalan en donde es necesaria una acción rápida de apertura o de cierre. Generalmente estas válvulas son con las que se va a dirigir el flujo de las tuberías, por su sencilla operación. También estas válvulas pueden servir de válvulas reguladores de flujo.

g).-Válvulas de retención.

Generalmente son usadas las de tipo columpio, se instalan en donde el fluido tenga tendencia a regresar y también para protección de los equipos.

h).-Válvulas mariposa.

Se usa generalmente como válvula reguladora de flujo.

Se puede emplear donde las dimensiones son reducidas.

i).- Equipo de almacenamiento.

Son los tanques de almacenamiento que ya se han descrito.

j).- Equipos de protección y de control.

Acumuladores o amortiguadores de golpe de ariete. Son instalados posteriormente a las válvulas de retención o a los filtros separados que hacen las veces de estas válvulas. Estos aparatos sirven para amortiguar las ondas de choque producidas por el cierre rápido de alguna

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

válvula. La presencia del golpe de ariete en la línea, generalmente viene acompañado de ondas de sonido en la misma y se presenta cuando se tienen válvulas de cierre rápido en el sistema. Para reducir estos choques en las líneas se utiliza un aparato denominado acumulador o amortiguador.

Fórmulas para calcular Amortiguadores.

P1	W	X	$V_p(V - v)$	(Kg./cm ²)
	10,000 g			
P2	W	X	$V_p(V - v)$	Lb/pu ^l g ²)
	144 g			

Donde:

P1 = Incremento de la presión de golpe de ariete.

g = Aceleración de la gravedad 89.81 m/seg²) (32.2 pies/seg.)

Vp= Velocidad de propagación de las ondas de presión del líquido = 1,219 m/seg. (4,000 pies/seg.)

V = Velocidad de fluido antes de cerrar la válvula.

V = Velocidad de fluido en un intervalo igual al que se tardan las ondas de presión en viajar de uno a otro extremo de la tubería y regresar (m/seg.), (pies/seg.).

W = Peso específico del líquido.

Gas avión: 700 kg/m³, (44.5 lb/pies³).

Turbosina: 800 kg/m³, (51.5 l b/pies³).

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

$P2 =$ Presión total por cierre de válvulas = presión de trabajo de la línea + $P1$.

Finalmente.

$$A = \frac{0.004 \times R \times P2 (0.005 L - T)}{P2 - P1}$$

$A =$ Capacidad requerida del acumulador (galones).

$R =$ Rango de flujo de la tubería (galones).

$T =$ Tiempo normal de cerrado de la válvula (seg), si el cierre es instantáneo: $T = \text{seg}$.

$L =$ Longitud de la tubería (pies)

$P1 =$ Presión de trabajo (Lb/pulg.2)

$P2 =$ Presión total cierre de válvula (Lb/pulg.2).

Como equipos de control tenemos los hidrantes, ya que su mecanismo lleva unos aditamentos para el control del flujo y de la presión.

El tubo Venturi, instalado en el carro dispensador nos sirve para censar cualquier variación en la presión del fluido.

Subestación electrónica.

Edificio para oficinas, control de bombeo, laboratorios y sanitarios.

Zona para carga y descarga de combustible para auto-tanques.

Diámetros de las tuberías.

Los diámetros de las tuberías están en función del gasto o demanda máxima que en un momento dado deba fluir por dicha tubería, esta demanda máxima también está en función del tiempo que se requiere para surtir a las aeronaves o la velocidad del fluido. La velocidad de flujo de estos combustibles tienen un límite máximo de 4.57 m/seg.

$$A = \frac{Q}{V}$$

Donde:

A = área de la sección del tubo (m²)

Q = Gasto (Its/seg.)

V = Velocidad (m/seg)

Cálculo de la potencia de bombeo.

Para calcular la potencia de bombeo es necesario conocer los siguientes datos:

- Capacidad de bombeo Q=(IT7SEG.9,G.P.M.).
- Gravedad específica del combustible. Para turbosina varía de 0.722 a 0.827, para el cálculo se puede tomar 0.8.
- Velocidad máxima de flujo.
V = 4.5 7 m7seg. (1 5 pies/seg).
- Presión de descarga, Presión atmosférica = (mm. De mercurio), (pies H2).
- Viscosidad cinemática del fluido a la temperatura de bombeo (centistokes).
- Presión del vapor a la temperatura de bombeo (Kg/-cm.9, (lb/pu1g2).

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

- Temperatura de bombeo (OC) (OF)
- Diámetro de tuberías.

Carga neta positiva de succión.

La carga neta positiva de succión (NPSH) es la presión absoluta disponible en la brida de succión de la bomba.

$$\text{NPSH} = H_a - H_{vpa} - H_f + H_s$$

En donde:

H_a y H_{vpa} deben estar en Lb/puig^2 , H_s y H_f en pies.

= gravedad específica del líquido.

H_a = presión absoluta en la superficie del líquido.

H_{vpa} = presión de vapor del líquido a la temperatura del bombeo

H_s = altura del líquido en el tanque de succión (+ H_s , - H_s dependiendo del arreglo en la succión, bomba con respecto al tanque).

H_f = pérdidas totales por fricción en la línea de succión.

$$H_f = F \cdot \frac{L \cdot V^2}{d \cdot 2g}$$

F = Coeficiente de razonamiento de la tubería.

L = longitud de tubería.

D = diámetro interior de la tubería.

v = velocidad del fluido.

G = aceleración de la gravedad.

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

Por otra parte se puede utilizar la gráfica que se anexa. Por ejemplo. Entrando con una $Q = 200$ G.P.M. y diámetro = a 3 pulgadas, encontramos las pérdidas por fricción en la tubería, los cuales son de: 3.5 - lb/pulg. 2 por c/100 pies de longitud, en estas pérdidas ya se tomó en cuenta el

factor gravedad específica del líquido, otro que hay que tomar en cuenta es el factor viscosidad cinemática, para éste caso de 15 centistokes. Con éste factor y con la velocidad del fluido encontramos un factor de corrección por viscosidad de 1.7. Por lo tanto las pérdidas de la tubería serán de 3.5×1.7 o a 5.95 lb/pulg². Suponiendo una longitud de tubería y manguera de 2 m. (6.57 pies).

$$H_f = \frac{5.95 \times 6.57}{100} = 0.391 \text{ lb/pulg. }^2$$

100

Enseguida se procede a calcular las pérdidas por fricción en las válvulas y equipos empleando la siguiente fórmula.

$$H_d = K_e \frac{V^2}{2g}$$

Donde.

K_e = constante correspondiente a cada elemento de que se trate (codos, válvulas, etc.).
o sea puede recurrir a nomogramas proporcionados por los fabricantes de equipos.

Una vez reunidos todos los datos anteriores se procede a calcular el NPSH.

En función de los resultados del NPSH calculado, se buscará que éste sea siempre positivo, con esto se evitará tener problemas en la succión.

Cálculo de la potencia de bombeo a tanques.

Para esto se requiere saber en forma detallada como está instalado el equipo, los diámetros de las tuberías y la altura manométrica. Esta altura es igual a la altura real de descarga más las pérdidas por fricción en las tuberías y equipo.

$H_m = \text{pérdidas por fricción} + \text{altura geométrico de bombeo} + (\text{presión de salida en el ala del avión, en el caso de bombeo a plataforma}).$

Potencia del motor.

$$P = Q \cdot H_m$$

$$3960 \cdot N$$

Q = en galones por minuto.

H_m = en pies

N = eficiencia (%), (decimales).

P = (en Hp).

Selección de las bombas.

Existen básicamente cinco pasos:

1. Diagrama de la disposición de la bomba y tubería.

2. Capacidad de la bomba.
3. Altura manométrica de bombeo.
4. Condiciones del líquido.
5. Elección de la clase y tipo de bomba.

Clasificación de las bombas por movimientos del líquido.

Para nuestro caso tenemos:

- a) Necesidad de un flujo continuo.
- b) No se tiene problema en la descarga de succión.
- c) El líquido manejado se le puede considerar limpio y sin materias abrasivas.
- d) La presión de bombeo se puede considerar baja.
- e) Se puede considerar que la altura manométrica permanece constante, durante la operación.

Por lo anteriormente descrito, podemos ver que caemos dentro del rango centrífugas. Posteriormente pasarnos a las gráficas de funcionamiento de las bombas y se selecciona la más adecuada en función de su rendimiento.

Selección de equipo.

Tubería.- Se usa tubería de acero sin costura con designación ASTM - 120 - 54 para diámetros de 2" a 14".

Bridas.- Se usan bridas de acero de cuello soldable ASTM - a 1 8 1 Gr. 1 cédula 40.

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

Válvulas.- Las válvulas que están cerca de los tanques son de acero fundido con asientos y vástagos de acero.

Filtros canasta.- Carcaza de fierro fundido y malla de acero inoxidable No. 90.

Filtro separador.- Se utilizan del tipo vertical en las instalaciones fijas y horizontal en los carros dispensadores.

Combustible para plantas de emergencia.

Dentro de las instalaciones propias de un Aeropuerto, se consideran plantas generadores de energía eléctrica para emergencias, activadas por motores de combustión interna que consumen diesel. Estas plantas y motores se localizan en la casa de máquinas.

Generalmente se proponen tres (3) plantas con las siguientes características:

CANTIDAD	PARA	CAPACIDAD	CONSUMO DE ENERGÍA
1	Ayudas visuales	100 - 130	27
1	Servicios Generales	40	10
1	Ramsa	60.66	15

Se considera como caso crítico el que tuvieran que funcionar las tres (3) plantas al mismo tiempo.

El tiempo máximo estimado para servicios de emergencia es de tres (3) horas.

Para calcular el volumen necesario de almacenamiento de Diesel, a los datos anteriores se le da un margen de seguridad de 1.5.

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

De todo lo anterior se tiene:

$$(27 + 10 + 15 \times 3 \times 1.5 = 234 \text{ lts.})$$

Se propone un almacenamiento para 30 días:

$$234 \times 30 = 7020 \text{ lts.}$$

Con un tanque comercial de 5,000 lts. tendremos un almacenamiento para 21 días.

Cada uno de los motores tiene un tanque diario de:

200 litros.

Los tanques para almacenamiento y los tanques diarios se proponen como tanques atmosféricos, cilíndricos, horizontales y con capacidad de 5,000 y 200 litros, respectivamente (capacidad comercial), con los accesorios y aditamentos propios el fluido a manejarse.

Diseño de equipo contra-incendio en zona de combustibles.

Las condiciones básicas que se deben tomar en cuenta para lograr un buen diseño de la red contra-incendio en las instalaciones industriales, son las siguientes:

- Consumo de agua litros/min. (G.P.M.)
- Tiempo que se debe mantener el suministro.
- Presión que debe tener el agua en la salida de los hidrantes o monitores nunca menor de 7Kg/cm² man).

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

Estas tres condiciones se determinarán de acuerdo con las dimensiones de la instalación y riesgos a proteger.

Los hidrantes deben ser diseñados para que por cada toma proporcionen los gastos siguientes:

Diámetro Nominal	Gasto l.p.s.	(G.P.M.)
38 MM. (1 1/2")	6	100
63 MM. (2 Y2")	16	250

Las pérdidas a través del hidrante no deberán ser mayores de 0. 14 Kg/cm² (2lb7pulg²) al estar trabajando con su gasto máximo.

Este sistema se compone normalmente de lo siguiente:

Una fuente de abastecimiento de agua con un volumen tal que pueda satisfacer las necesidades de demanda en caso de emergencia. Esta fuente de abastecimiento puede ser:

Primaria: Pozos o servicios municipales.

Secundaria: Tal como tanques elevado o cisternas.

Un equipo de bombeo, el cual proporcionará el agua en la cantidad y presión necesarias de acuerdo con las necesidades y riesgos a proteger en cada caso.

Una red de distribución de agua intercomunicada, de tal forma que generalmente forme circuitos cerrados en las áreas y zonas a proteger, de tal modo que pueden aislarse por medio de

válvulas, contando además con sus respectivas salidas para hidrantes, monitores y sistemas fijos de aspersores de niebla.

La localización, la evaluación de riesgos y la topografía del terreno donde se instalará la red de distribución de agua contra-incendio y el tipo de aparatos usados, deben tomarse en cuenta para la selección del tipo de fuente de suministro y almacenamiento de agua para cada caso en especial, por ejemplo:

Si la red de distribución de agua contra-incendio se localiza en donde la fuente es un pozo profundo y el terreno es plano se usará el pozo como fuente primaria y un tanque elevado como fuente secundaria.

Todas las instalaciones deben contar con equipos de bombeo que suministren carga y gastos necesarios, y en caso donde el terreno tiene fuertes desniveles se podrá instalar un tanque elevado, sin equipo de bombeo, siempre y cuando suministre suficiente gasto y carga para cubrir las necesidades en caso de incendio.

Si la red de distribución de agua contra-incendio esta situada cerca de ríos, mar, lago o laguna, o lugar similar, se considera a éstos como fuente primaria, y una cisterna y/o tanque elevado que debe considerarse como fuente secundaria, con sistema de bombeo.

Los tanques de almacenamiento de agua (fuentes secundarias) deben estar localizados en lugares seguros.

Las instalaciones de proceso (refinerías, plantas de absorción, plantas petroquímicas,

etc.) y sus áreas de almacenamiento de materias primas y productos (intermedios y finales) se protegerán con redes de agua contra-incendio que satisfagan la norma de Seguridad A.P.I.

En lugares donde el clima lo permita y en áreas fuera del límite de baterías de las instalaciones de una planta, la tubería se podrá instalar a la intemperie. En aquellos lugares donde existe el peligro de congelación, zonas de instalaciones de plantas y en áreas de tránsito, la tubería irá enterrada. En las instalaciones de proceso la tubería estará distribuida de tal forma que generalmente forme anillos pudiéndose instalar un máximo de 12 hidrantes en cada anillo si el diámetro de la tubería lo permite.

Se instalarán hidrantes en todas las áreas donde sean necesarios; pero en las áreas de proceso y almacenamiento de materiales combustibles, se tendrá un menor número de ellos que en las áreas de almacenamiento general, edificios administrativos y oficinas en general; la cantidad de hidrantes se determinará de acuerdo con las condiciones de cada caso específico y con las normas de Seguridad A.P.I.

Condiciones de diseño:

Capacidad de la Fuente Primaria.

La fuente primaria debe tener capacidad suficiente para asegurar un suministro continuo.

Por esta razón, es recomendable que en instalaciones de proceso dicha fuente sea capaz de suministrar 150% del gasto total necesario para satisfacer el riesgo mayor de la instalación durante un periodo de 8 horas, mínimo. En otro tipo de instalaciones se cumplirá con lo

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

establecido por las normas de seguridad de Petróleos Mexicanos y las características propias de la instalación.

Capacidad de almacenamiento de la fuente secundaria.

La fuente secundaria debe ser capaz de mantener el gasto necesario en caso de incendio. En general, la capacidad de almacenamiento dependerá de la extensión, localización y peligrosidad del área por proteger. En lugares donde no se tienen líquidos inflamables o materiales combustibles que produzcan fuego persistente, la capacidad de almacenamiento deberá ser suficiente para que la bomba o bombas funcionen 30 min., sin interrupción, con el gasto máximo permisible en caso de incendio. Para áreas de instalaciones industriales y su almacenamiento de productos inflamables, la capacidad de almacenamiento de agua contra-incendio debe ser suficiente para que la bomba o bombas funcionen durante un período de cinco horas, de acuerdo con el gasto máximo previsible según los riesgos y también que estas tengan En otras instalaciones se cumplirá con lo establecido en las normas de seguridad aplicables. Puede utilizarse agua contenida en las torres de enfriamiento, plantas de tratamiento, etc., pero este volumen no debe considerarse como almacenamiento de la fuente secundaria.

Capacidad de Bombeo.

La capacidad de las bombas debe ser tal que permita mantener los gastos y presiones requeridos para combatir un incendio de riesgo mayor existente en la instalación.

La capacidad nominal de las bombas que se instalan con:

9.4, 15.14, etc l.p.s. 8150, 240, etc. G.P.M.) o mayores.

CAPITULO VI.- ZONA DE COMBUSTIBLE.

El número de tomas alimentadas simultáneamente será como se indica a continuación:

	G.P.M.	150	240
Capacidad nominal de la bomba	1.p.s.	9.4	15.14
No. de tomas para mangueras de	2 1/2" 1 1/2"	3 -	5 -

Esparcimiento máximo entre hidrantes.

En áreas de instalaciones de proceso y almacenamiento de productos altamente inflamables los hidrantes se colocarán a una distancia de radio de 30 a 50 m. uno del otro. En áreas de almacenamiento de productos inflamables a una distancia no mayor de 60 m. de radio uno del otro. En áreas de edificios administrativos, oficinas y almacenes de productos no inflamables a distancia de 75 a 90 m. uno del otro; en caso de edificios con varios pisos, cada piso deberá considerarse como un área diferente.

LA NATURALEZA DE UN ACCIDENTE AÉREO

Los Ingenieros de aeropuertos deben saber donde, cuando y como ocurren los accidentes de las aeronaves.

Una encuesta tomada indica que el 5% de los accidentes ocurren en ruta, son ocasionados por fallas estructurales por agotamiento, mal tiempo, y por montañas.

El 15% de los accidentes ocurren cerca del aeropuerto o dentro del aeropuerto, algunos son por mal tiempo, a otros se les asocia por fallas de motor, coaliciones en tránsito, descender prematuramente en terreno alto.

El 80% de los accidentes ocurren sobre la pista de aterrizaje, por inundamiento de áreas y zonas claras, principalmente los accidentes los ocasionan el viento y el mal pilotaje de la nave.

LIMITE DEL ÁREA DE PISTAS

La mayoría de los accidentes ocurren dentro de los 500 ft de la pista de aterrizaje de la línea central y dentro de 3000 ft del fin a la pista de aterrizaje.

EXPANSIÓN EN PISTAS AÉREAS SEGURAS Y ZONAS CLARAS

El área de seguridad de fin de pista de aterrizaje debería ser extendido a 3000 ft en la longitud, 1000 ft en la anchura al umbral y extensión a 2000 ft en la anchura al linde.

Estas áreas de zonas claras son libre a todas las obstrucciones a excepción de instalaciones de navegación.

Todas las rocas, árboles, montículos de tierra y depresiones o cualquier objeto que puede dañar una nave debe quitarse.

ZANJAS DE DRENAJE

El área de seguridad de fin de pista de aterrizaje se ha responsabilizado con los accidentes menores, desde quebrar fuera el engranaje de aterrizaje a accidentes importantes que resultan en el desmoronamiento completo del fuselaje.

La mayoría de estas depresiones pueden ser reemplazadas con las estructuras de drenaje cubiertas.

TERMINACIÓN DE PISTAS CERCA DE GRANDES CUERPOS DE AGUA

Algunos aeropuertos están cerca de lagos y/o grandes cuerpos de agua.

El área de seguridad de fin de pista de aterrizaje comúnmente tiene su límite en una pared de mar, esto daña la aeronave severamente.

Esta obstrucción debe eliminarse del área de seguridad de fin de pista de aterrizaje.

La construcción debe semejarse a una rampa de carga de un barco, esto permitirá que la nave se deslice y disminuya el daño.

CAMINOS

Otras obstrucciones que frecuentemente se encontraron en la pista de aterrizaje en zonas claras son:

Los caminos y carreteras interestatales de cuatro vías y todos los accesos al aeropuerto.

Para aumentar la seguridad de las aeronaves tienen asistencia de sus alrededores sin obstruir dichos caminos.

Otra solución es que dentro de los 3000 ft de las carreteras deberían de suprimiese, esto daría mas seguridad dentro de las zonas claras.

VÍAS DE TREN

Los ferrocarriles también proveen un problema cuando corren sobre el área de seguridad de una pista.

Las vías del tren se construyeron antes que los aeropuertos, por lo tanto la comunicación con las autoridades de ferrocarril es frecuentemente difícil.

Este peligro puede ser reducido al graduar el terraplén y pavimentar la anchura de las vías o el área de seguridad.

DISEÑO DE PISTAS PARA SEGURIDAD

Expertos y pilotos opinan que las pistas de aterrizaje deberían ser diseñadas y construidas con normas más estrictas.

Se recomienda que para reducir la referencia visual falsa, la pista de aterrizaje debería nivelarse a lo largo de su longitud, con el gradiente longitudinal a no más de 1%.

Una corona de pista de aterrizaje e de 1 % a 1.5 % debe ser proyectada a fin de proveer el drenaje adecuado.

Las pistas paralelas deben construirse a como mínimo 5000 ft entre líneas centrales.

MEDIDORES DE VIENTO

Para el piloto que hace un aterrizaje es importante conocer la dirección del viento en la pista y su velocidad en todo momento.

Frecuentemente existe una gran diferencia entre los datos de la torre de control y lo que experimenta el piloto en el aterrizaje.

Los medidores de viento deben ser livianos y tendrán que instalarse cerca de las pistas de aterrizaje preferentemente a una distancia de 1000 ft a 150 ft de la misma y del lado izquierdo de la pista.

PAVIMENTACIÓN

Las pistas y áreas de rampa se pavimentan con el asfalto, no deben sellarse ya que dan una superficie lustrosa cuando están mojados, lo cual ocasiona que las aeronaves se deslicen y puede dar como resultado colisiones con otra nave, deslizándose fuera de las pistas. Este problema se mejora con el pavimento acanalado.

INCENDIOS Y OPERACIÓN DE RESCATE

Es importante que los bomberos estén bien equipados y entrenados para este tipo de operaciones.

Las paredes de los aviones deben de ser contra incendio ya que basta 30 segundos para que se extienda en todo el avión.

La tripulación debe estar preparada para evacuar a los pasajeros.

SALVAMENTO DE UN AEROPUERTO CONTRA INCENDIOS

Ya que el 80% de todos los accidentes ocurren dentro de los 3000 ft del umbral, los bomberos tienen que ubicarse en un punto medio de la pista.

Algunos factores que se toman en cuenta para el sitio de los bomberos son:

- Acceso seguro hacia el aire que soporta.
- Un mínimo de turnos a pista de aterrizaje.
- Acceso directo a las terminales sin cruzar pistas de aterrizaje activas.
- No interferir con el tránsito aéreo.
- La vigilancia máxima del área de operaciones de aire.
- El tiempo más corto de respuesta al accidente.
- Futuras adiciones o expansión.
- La expansión de aeropuerto, tales como nuevas pistas.
- No interferir con el equipo de instalaciones de navegación.
- Obstrucciones mínimas al uso de instalaciones existentes, tal como acceso a los caminos, abasteciendo áreas.

RESCATE DE AEROPUERTOS Y DISEÑO DE ESTACIONES CONTRA INCENDIO

Las estaciones de bomberos deberían construirse según leyes y regulaciones locales, la atención extra debería darse para proveer un sistema visual de alarma electrónico y/o una oficina elevada de reloj en lo alto del edificio. Esta es una parte vital a la capacidad rápida de respuesta.

Los varios segundos valiosos pueden ahorrarse si los combatientes de incendio saben exactamente donde ellos tienen que responder sin esperar la notificación desde la torre, dispare las puertas de manguera vincularon al sistema de alarmas debería ser capaz de rápidamente, especialmente en caso de un paro del suministro eléctricos, las puertas deberían ubicarse a ambos fines de las bahías de vehículo para proveer un paseo mediante la capacidad para recargar los vehículos: una reserva elevada espuma el tanque debería construirse en el cielo raso o bahía para proveer para esta capacidad. La altura extra debería permitirse para la construcción casas de fuego puertas de vehículo. Muchos nuevos camiones de choque están siendo adaptados con elevadores y plataformas.

Una bahía esta debería proveerse con furgones móviles de desastre, que tenga capacidad de refrigeración para la conservación, emergencia y abastecimiento de droga.

La planeación de un aeropuerto requiere de un Plan Maestro. Entre los principales estudios para la elaboración de este plan se tienen los siguientes: - Estudios meteorológicos.

- Estudios de espacio aéreo.
- Estudios de ruido.
- Estudios de impacto ambiental.

ESTUDIOS METEOROLÓGICOS

Consisten en analizar los datos estadísticos de los fenómenos atmosféricos ocurridos en el lugar de estudio, siendo los más importantes para el caso de los aeropuertos: viento, techos, visibilidad, temperatura, lluvia y humedad, los cuales son registrados en aparatos instalados en las estaciones meteorológicas localizadas en los sitios más elevados del área en estudio, lo más cercanas a la pista o pistas propuestas.

ESTUDIOS DE ESPACIO AÉREO

La suficiencia del espacio aéreo en la zona escogida para la ubicación de un aeropuerto, es motivo de un estudio especial para determinar si se puede satisfacer la demanda pronosticada de operaciones horarias en la planeación de un sistema aeroportuario, cualquiera que sea la categoría de sus pistas. Este estudio es importante para el funcionamiento eficaz de un aeropuerto, y se realiza en función de las diversas operaciones que se efectúan de acuerdo con las condiciones topográficas existentes y la aplicación de superficies imaginarias de protección de obstáculos cuyas dimensiones y pendientes longitudinales varían de acuerdo con la clasificación de las pistas, en

función de su longitud básica en condiciones de atmósfera tipo, al nivel del mar y temperatura de 15 grados centígrados.

ESTUDIOS DE RUIDO

Con la aparición de los aviones de reacción la intensidad del ruido en los alrededores de los aeropuertos se incremento notablemente. La población en la vecindad de las terminales aéreas no sólo resintió molestias ocasionales, sino que en exposición severa y prolongada de los altos niveles de ruido, llegó a experimentar daño físico.

En México se han venido realizando estudios en los aeropuertos de mayor importancia desde la década de los setentas, aprovechando para ello la experiencia adquirida por otros países.

Los métodos empleados en los estudios de ruido han sido los siguientes:

- Clasificación de ruido compuesto, (CNR, Composite Noise Rating).
- Pronósticos de exposición al ruido, (NEF, Noise Exposure Forecast).
- Nivel de sonidos diurnos-nocturnos, (LDN, Day-Night Average Sound Level).

El método CNR fue utilizado en los primeros estudios de ruido con el objeto de tener una idea actual de los niveles de exposición del ruido en los aeropuertos; pero este método a pesar de tener la ventaja de ser fácil de usar, es poco preciso y no tiene aplicabilidad a futuro, por lo que ha caído en desuso, evolucionando los métodos NEF y LDN.

Desde 1978 se emplea en México el método LDN en los estudios de ruido, debido a que puede ser relacionado en forma directa con otras mediciones de ruido ambiental. Los valores LDN se obtienen mediante modelos de predicción para computadora. El programa calcula los puntos de las trayectorias de vuelo en condiciones de operación específicas, a fin de definir la localización de las fuentes de ruido en el espacio, en cualquier tiempo, y posteriormente analiza los archivos de datos almacenados que describen las características de emisión de ruido de cada tipo de avión. La propagación del sonido en la distancia especificada se calcula con la suma de todos los diferentes tipos de avión. La exposición al ruido en forma de isolíneas se computa con valores LDN 65, 70, 75 y 80; estos valores compuestos se basan en operaciones durante un periodo representativo de 24 horas del aeropuerto en estudio. El trazo permite definir las áreas de exposición al ruido en tierra, que asociadas a una clasificación del uso de terrenos en las inmediaciones del aeropuerto adoptada por el método LDN, proporciona los lineamientos generales de gran utilidad en la planeación de esas áreas circundantes.

Estudios de impacto ambiental.

Los proyectos de aeropuertos tienen impactos potenciales en cinco grandes áreas: ruido, calidad del aire, calidad del agua, impactos sociales e impactos socioeconómicos inducidos.

Ruido.

El impacto por ruido debe ser examinado cuando el proyecto involucre la localización del aeropuerto, localización de la pista y su extensión. El nivel de detalle necesario para la evaluación del impacto por ruido varía dependiendo de la situación. Sin embargo, deben considerarse las necesidades y deseos de la comunidad a que sirve o servirá el aeropuerto, estilos de vida locales y

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

usos del suelo. Un propósito muy importante de la evaluación del impacto por ruido será el proporcionar información para asegurar que sea llevada a cabo la apropiada acción restrictiva,

incluyendo la adopción de reglamentos locales. En una extensión razonable, esta acción debe restringir el uso del suelo en la vecindad inmediata de las actividades del aeropuerto.

Calidad del aire.

Parece ser hasta ahora que la contaminación atmosférica procedente de los aviones en zonas alejadas de los aeropuertos es de carácter casi imperceptible, dadas las características de las emisiones de los aviones que vuelan a alturas de crucero y al proceso de dispersión en los grandes espacios. Sin embargo, en los aeropuertos y sus cercanías, este asunto reviste condiciones que merecen especial atención.

Las condiciones climatológicas del aeropuerto determinan el grado de contaminación en las proximidades. Cuando existen condiciones turbulentas en las capas inferiores de la atmósfera no es probable que las emisiones afecten perceptiblemente a la población. En cambio, cuando prevalecen condiciones atmosféricas estables durante largos periodos, las acumulaciones de gases contaminantes pueden en ocasiones afectar el bienestar de los vecinos a sotavento del aeropuerto.

En el Cuadro 8.1 se muestran los productos de emisión normales de un motor de combustión y los efectos que produce.

La introducción de los turborreactores ha sido un gran paso hacia la reducción de emisiones contaminantes. Los aviones dotados de motores de reacción, la mayor parte de los comerciales en la actualidad contribuyen muy poco a la contaminación del aire.

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

Si se comparan los productos de emisión procedentes de motores de distinto tipo, se observa en el Cuadro 8.2 la ventaja del turboreactor.

Para tener un orden de ideas respecto al alcance de la contaminación, en el Cuadro 8.3 se muestran los kilogramos de contaminante de los aviones comerciales actualmente más usuales en cada ciclo de operación.

Se denomina ciclo de operación al compuesto por las siguientes maniobras de la aeronave:

- 1) El avión arranca y marcha lentamente a la cabecera de la pista: 15 minutos.
- 2) El avión despega: 0.7 minutos.
- 3) El avión sube, alejándose: 2.2 minutos.
- 4) El avión baja, aproximándose: 4 minutos.
- 5) El avión aterriza y se acerca lentamente al estacionamiento: 7 minutos.

Productos de emisión	Efectos en el ambiente	
No contaminantes	CO ₂ H ₂ O	- Ligeras modificaciones
Contaminantes	- Nox - Hidrocarburos sin quemar - Humos - Oxido de azufre - CO - Residuos de aditivos	- Neblinas smog - Restricción de visibilidad - Acciones fotoquímicas - Acciones sobre la salud del hombre, la fauna y la flora - Toxicidad - Olores - Acción destructiva sobre materiales (pinturas, etc.)

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

Supóngase un aeropuerto con 300 operaciones diarias (150 salidas y 150 llegadas), con aviones tipo BO-727. En la parte del ciclo que realiza dentro del propio recinto aeroportuario, se tendrían 8.316 kg. de contaminantes que debe dispersarse en un espacio aproximado de 200,000,000 de metros cúbicos por ejemplo, si la atmósfera fuera estable y se acumulasen dichos productos. Esto produciría una concentración de 0.000041 gramos de contaminante por metro cúbico.

TIPOS DE MOTOR	PRODUCTOS DE EMISIÓN		
	% CONTAMINANTES	% CO2.	%H2O
Alternativo ciclo otto	34	36	30
Alternativo Diesel	5	65	30
Turborreactor	1	70	29

En cuanto a las medidas de mitigación, la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) y la Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos (FAA), impusieron estrictas normas a los fabricantes de motores de aviones y al mantenimiento de las compañías aéreas estableciendo un programa escalonado que terminó en 1980 para reducir a niveles muy bajos la emisión específica de cada uno de los contaminantes. En caso de no cumplir las restricciones se les cancelarían los certificados de homologación y en consecuencia la posibilidad de operar.

Otras medidas de mitigación son: a) Reducir las emisiones cuando los motores van a marcha lenta, mejorando el rendimiento de la combustión, cosa que podría lograrse haciendo que

los inyectores de combustible descarguen parcialmente durante la marcha lenta, o dejando inoperativos parte de los inyectores, y b) la reducción de las esperas en los aeropuertos, solución que depende de la capacidad del aeropuerto y el control del tráfico aéreo.

Calidad del agua.

Los impactos en la calidad del agua son causados por el escurrimiento superficial de las extensas áreas pavimentadas debido a las nuevas pistas, plataforma de operaciones, edificio terminal y estacionamiento de pasajeros y visitantes. Adicionalmente los proyectos de aeropuertos generan requerimientos de agua potable y de descarga de aguas residuales.

La construcción de aeropuertos puede contribuir a la disminución de la calidad de las aguas superficiales. La calidad del agua puede ser afectada por la adición de materiales orgánicos e inorgánicos, solubles o insolubles en ríos y manantiales, volviendo inadecuadas las fuentes de agua para el soporte de la vida acuática y otros usos. Los cambios en la topografía, cobertura y composición del suelo en la vecindad de un sitio aeroportuario, pueden causar efectos en las corrientes y disminución de la recarga de acuíferos.

La explotación de bancos de materiales de construcción puede alterar la filtración natural, la retención de suelo y su capacidad de almacenamiento de agua. Un estudio de calidad del agua debe identificar la fuente y receptores de los materiales contaminantes y el grado de degradación que pueda causar la introducción de contaminantes en aguas superficiales y subterráneas. También debe considerarse el impacto en la calidad de los recursos de agua a través de una determinación de la capacidad de recarga y permeabilidad.

Las medidas de mitigación del impacto en la calidad del agua necesarias durante la etapa de construcción, incluyen la construcción de estructuras de retención, trampas de sedimentos, canales y taludes, barreras y recubrimientos.

La evaluación del impacto en la calidad del agua en la etapa de operación de las instalaciones aeroportuarias, debe incluir la erosión del suelo, disminución de la infiltración, derrames de aceites y combustibles y cantidades de agua potable y residual producidas.

Impactos sociales.

El aeropuerto es un vecino molesto, que amenaza constantemente con expropiaciones, lo cual es un elemento desestabilizador de la propiedad y erosionante de su valor. Cuando ocurren este tipo de impactos es necesario:

- 1) Estimar el número de características de las familias a ser desplazadas.
- 2) Identificar los efectos de la perturbación del tráfico terrestre, incluyendo los efectos en las avenidas de la ciudad, áreas recreativas, y zonas residenciales y comerciales.
- 3) Identificar el impacto en el vecindario cuyos hogares tengan que ser reubicados.
- 4) Describir los negocios que serán desplazados y las consecuencias generales sobre la economía de la zona.

Desde el punto de vista de los residentes, no hay institución alguna que sea capaz de protegerlas del inexorable avance del aeropuerto y del deterioro del ambiente que viene aparejado. No obstante, existen pocas obras públicas en que la tecnología haya trabajado tanto para conocer y remediar sus efectos ambientales.

IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS

Algunos de los impactos socioeconómicos incluyen cambios en los patrones de migración y crecimiento de la población, demanda de servicios públicos y cambios en la actividad económica.

En los proyectos más recientes de nuevos aeropuertos en Puebla, Aguascalientes, Bahías de Huatulco, Lázaro Cárdenas, Monclova y Nogales, se han efectuado los estudios de impacto ambiental y se han propuesto las medidas de mitigación correspondientes; se localizan y orientan en función de los niveles de ruido y su dispersión; se aprovechan caminos y bancos de materiales ya existentes para conservar la cubierta vegetal; se usan fosas de sedimentación y decantación para control de la emisión de polvos a la atmósfera; se prevén reservas territoriales, tanto para crecimiento del mismo aeropuerto, como para mantener la separación adecuada hacia ciertas zonas de otros usos, etcétera.

MEDIDAS Y ANÁLISIS DE SONIDO

Los sistemas de transporte son de las actividades humanas más importantes en la generación de ruido. Ya sea dentro de las ciudades, en las zonas aledañas, o en el campo, el ruido producido principalmente por los vehículos terrestres y aéreos se genera constantemente.

Mientras la palabra "sonido" constituye una descripción objetiva de un fenómeno físico, la palabra "ruido" añade aplicaciones subjetivas al sonido al que corresponde.

Cada vez es más evidente y aceptado que los sonidos superiores a ciertos niveles pueden destruir ambientes en otro caso agradables, hacer insoportables las zonas de residencia, reducir la eficiencia del trabajo y, a niveles superiores, producir lesiones auditivas y daños psicológicos sobre los individuos. Se puede establecer que el ruido es el sonido que no se puede tolerar y, por tanto, es algo que hay que eliminar o reducir a niveles aceptables.

Sonido.

El sonido es una forma de energía mecánica, generada por la vibración de un objeto sólido y transmitida desde su fuente al oído por una compresión y expansión periódica del medio transmisor, como el aire o el agua. En el aire, a nivel del mar, el sonido viaja aproximadamente a 340 m/s.

La compresión y expansión periódica del aire, provoca fluctuaciones de presión cíclicas y aproximadas a la presión atmosférica media. Si una onda sonora es visualizada como una función trigonométrica seno, son de importancia dos parámetros: la frecuencia y la amplitud.

La frecuencia de un sonido señala el número de veces por segundo que se producen las variaciones de presión. El estampido de un trueno es de baja frecuencia y el silbido agudo de una flauta, de alta.

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

La amplitud es una medida de la fuerza de las variaciones de presión que dan lugar al sonido. El zumbido de una abeja es de pequeña amplitud y el rugido de la sirena de un barco es de gran amplitud.

La presión instantánea debida al sonido es una función del tiempo, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$P(t) = P A + p(t) \quad (3.1)$$

Donde:

$P(t)$ es la presión instantánea

$P A$ es la presión atmosférica

$p(t)$ es la presión disturbada debido al sonido

El nivel de presión promedio de este tipo de función cíclica se define frecuentemente con un tipo de promediación de raíz media cuadrática (rmc). De la física básica, la relación entre la rmc y valores pico de una función sinusoidal es:

$$p = P_{nnc} = \frac{P_{max}}{2} \quad (3.2)$$

$$P_T = P_A + P \quad (3.3)$$

Donde

$P_T =$ presión total promedio

P = presión sonora rmc

En adelante, el término presión sonora se refiere al valor rmc.

Las presiones sonoras son muy pequeñas comparadas con la presión atmosférica. De acuerdo con Mestre y Wooten (1980), para dos personas apartadas aproximadamente un metro, la conversación normal provoca presiones sonoras recibidas por el oído de aproximadamente una millonésima de un bar (1 bar = 100 kPa; 1.013 bar = 1 atm). La presión sonora proveniente de varias fuentes puede ser recibida simultáneamente. Cuando se añaden presiones sonoras rmc, el método es elevar al cuadrado los valores de presión, luego se suman y entonces se obtiene la raíz cuadrada.

Ruido.

El ruido se define comúnmente como un sonido no deseado o desagradable. Esto implica que el ruido causa disturbios o que tiene efectos adversos a los humanos, animales domésticos, o vida salvaje. El ruido es casi siempre una mezcla de una multitud de sonidos, compuesto de muchas frecuencias a diferentes niveles de sonoridad (Mestre y Wooten, 19980). La sensibilidad de las personas difiere, y la distinción entre ruido y sonido es subjetivo y algunas veces muy difícil de hacer (como en el caso del rock). En cuanto a la molestia con que el ruido es percibido, son factores importantes la variación en el tiempo (estático o intermitente), su duración (corto o largo), su localización (en la ciudad o en los alrededores), y la hora del día en la que ocurre. Debido a que la percepción del ruido es bastante subjetiva, a continuación se discute acerca del oído humano.

Aunque no es tan bueno como el de muchos animales, el oído humano es verdaderamente notable; podemos escuchar sonidos con frecuencias desde aproximadamente 15 Hertz (Hz), hasta aproximadamente 20,000 Hz (Hz es igual que ciclos por segundo). El oído humano puede escuchar sonidos sobre un ámbito muy amplio de presión sonora, desde aproximadamente 0.0002 microbares hasta aproximadamente 10,000 microbares. Sin embargo la respuesta auditiva no es lineal con respecto a presiones y frecuencias, debido a la no linealidad de la respuesta auditiva humana se ha desarrollado una escala logarítmica para medir presiones sonoras. Ruido o sonido se reporta como "nivel de presión acústica" definida como la relación logarítmica de la presión acústica con respecto a la presión de referencia. La presión de referencia es la frontera de la audición humana 0.0002 microbares. La ecuación que la define es:

$$NPA = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad (3.4)$$

Donde:

NPA es el nivel de la presión acústica

P presión sonora en microbares

P₀ presión de referencia, 0.0002 microbares

Las unidades del NPA son los decibeles (dB). La medición del NPA se hace mediante un filtro o sistema de filtros que representan la respuesta de frecuencia del oído. Si bien existen otras técnicas algo más precisas, pero más complicadas, se está difundiendo la escala de niveles de presión acústica con ponderación A correspondiente a la respuesta auditiva humana, procedimiento que se recomienda para uso general. Los medidores del sonido se llaman sonómetros.

El sonómetro es un aparato para medidas acústicas, que responde al sonido de forma parecida a como lo hace el oído humano, que da una indicación objetiva y reproducible del nivel sonoro y que está básicamente constituido como se muestra en la Figura 3.2

Los sonómetros tienen una malla electrónica calibrada para simular automáticamente la respuesta auditiva humana cuando miden niveles de presión sonora en unidades dBA.

En el cuadro 3.4 se listan algunos sonidos comunes y sus correspondientes presiones acústicas y NPA.

Cuando se tienen varios sonidos independientes, debido a la definición de NPA, no se pueden simplemente sumar los valores de dBA. Primero se deben convertir los dBA a presiones acústicas (en microbares) usando la ecuación 3.4. Entonces, debido a que las presiones acústicas representan promedios de raíz media cuadrática (rinc), se deben sumar sus cuadrados para obtener el cuadrado de la presión sonora combinada. Después se convierte el cuadrado de la presión acústica combinada a dBA.

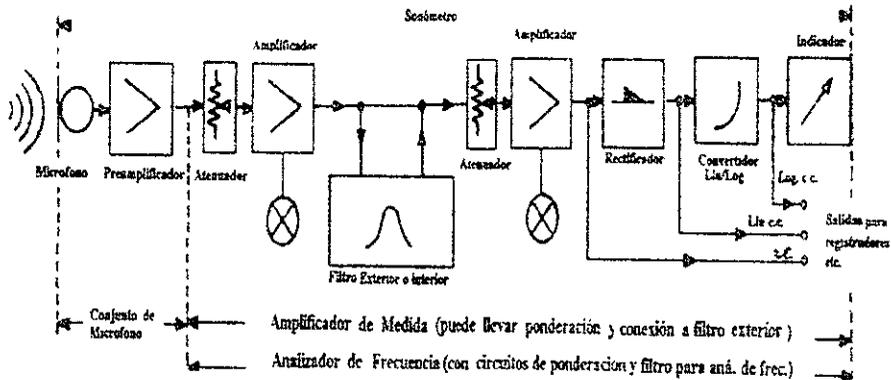


Figura 3.2 Constitución básica de un sonómetro

ALGUNOS SONIDOS COMUNES, SUS PRESIONES ACÚSTICAS Y NPA

SONIDO	PRESIÓN (MICROBAR)	NPA DBA
Frontera de audición humana	0.0002	0.0
Respiración humana	0.00063	10.0
Conversación normal	0.20	60.0
Automóvil a 6 metros	1.0	74.0
Crucero transitado	6.3	90.0
Podadora y camión recolector de basura	20.0	100.0
Motocicleta a 6 metros	63.0	110.0
Nivel pico de un grupo de rock	200.0	120.0
Aeronave Jet a 60 metros	200.0	120.0
Aeronave Jet a 6 metros	2000.0	140.0
Perforadora neumática a 1 metro		108.0
Bulldozer a 15 metros		94.0
Motoescrepa y camión a 15 metros		93.0
Camión de volteo y mezcladora de concreto a 15 metros		76.0
Vibrador de concreto a 15 metros		64.0

Efectos del ruido en la salud humana.

Se han observado los siguientes efectos del ruido en la población:

1. Interferencia en la comunicación humana.
2. Pérdida de audición.
3. Perturbación del sueño.
4. Estrés.
5. Molestias.
6. Disminución de la eficiencia laboral.

A continuación se describen estos efectos.

Interferencia en la comunicación humana.

Aunque no se cuenta con pruebas que lo confirmen, se cree que la interferencia en la comunicación oral durante las actividades laborales puede provocar accidentes causados por la incapacidad de oír llamadas de advertencia y otras indicaciones. Tanto en oficinas como en escuelas y hogares, la interferencia en la conversación constituye una fuente importante de molestias.

El nivel acústico con ponderación A es un índice práctico y bastante preciso de la interferencia en la comunicación oral.

Generalmente es posible expresar la relación entre niveles de ruido e inteligibilidad del habla basándose en los supuestos y observaciones empíricas de que, para distancias de alrededor de un metro entre hablante y oyente:

- a) Las palabras de la conversación reposada son inteligibles en un 100% con niveles de ruido de fondo de unos 45 dBA, y pueden entenderse bastante bien con niveles de 55 dBA.
- b) Las palabras articuladas con un esfuerzo ligeramente mayor pueden entenderse bien con un nivel de ruido de 65 dBA.

En los casos en que las señales vocales tienen una importancia fundamental, por ejemplo en clases o conferencias, o cuando se trata de oyentes que han perdido capacidad auditiva, como en hogares para ancianos, es conveniente que sean más bajos los niveles de ruido de fondo.

Pérdida de audición.

La pérdida de audición puede ser permanente o temporal. El desplazamiento temporal del umbral inducido por el ruido (DTUIR) representa una pérdida transitoria de agudeza auditiva, sufrida después de una exposición relativamente breve al ruido excesivo. Al cesar éste, se recupera con bastante rapidez la audición que se tenía antes de la exposición. El desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido (DPUIR) constituye una pérdida (sensorineural) irreversible causada por la exposición prolongada al ruido. Se pueden sufrir simultáneamente ambos tipos de pérdida y también presbiacusia, que es la reducción permanente de la capacidad auditiva atribuida al proceso natural de envejecimiento. La pérdida de audición inducida por el ruido es gradual comúnmente en un periodo de años. Cuando la pérdida de audición ha sido por la

exposición prolongada a ruido excesivo, por lo general va acompañada de la destrucción de células pilosas del oído interno.

Los datos disponibles revelan que varía mucho la susceptibilidad humana al DPUIR. Por lo tanto, el riesgo que implica un ambiente ruidoso se describe en función del "riesgo de trastorno auditivo". Este puede expresarse como el porcentaje de personas expuestas a ese ambiente que previsiblemente sufrirán trastornos auditivos inducidos por el ruido, descontando las pérdidas de audición- que obedezcan a otras causas . Ahora se acepta que el riesgo es mínimo con la exposición a ruidos de un nivel de presión acústica continua equivalente con ponderación A (Neq) (8-h), inferior a 75 dBA, pero aumenta cuando se eleva este nivel. Sobre la base de criterios nacionales acerca del "riesgo aceptable", muchos países han adoptado en sus reglamentos y normas recomendables límites de exposición al ruido industrial de 85 dBA +- 5 dBA.

Aún no está claro si las normas sobre el riesgo de trastorno auditivo que se han mencionado pueden aplicarse a los ruidos repulsivos de muy corta duración.

Los datos disponibles indican que existe un riesgo considerable cuando los niveles acústicos alcanzan 130-150 dB, según las características temporales del impulso sonoro.

Si bien varía mucho la sensibilidad individual, en particular a los estímulos de alta frecuencia, el umbral de dolor en el oído normal corresponde a la escala de niveles de presión acústica de 135-140 dB.

Siempre que sea posible, se deben abordar los problemas de la lucha contra el ruido en la misma fuente, es decir, tratar de disminuir la cantidad de ruido que se produce. Una opción

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

aceptable consiste en librar a las personas del ruido mediante un sistema de aislamiento, como recintos insonorizados, tabiques y barreras acústicas. Si no es posible hacerlo, también se puede reducir el riesgo al mínimo limitando la duración de la exposición. Solamente en los casos en que no sean viables estas medidas contra ruido, se considerará la protección individual del oído. Estos dispositivos brindan protección, pero entrañan algunos problemas como los de colocación y uso adecuado y cierto grado de incomodidad.

Si existe riesgo de trastorno auditivo se practicarán exámenes audiométricos a los trabajadores antes de contratarlos y durante el tiempo que continúen en su empleo, con el propósito de detectar alteraciones de la agudeza auditiva que sugieran la posible aparición de DTUIR e iniciar las medidas preventivas.

Perturbación del sueño.

El ruido puede provocar dificultades para conciliar el sueño y también despertar a quienes están ya dormidos.

Algunos estudios han indicado que la perturbación del sueño se manifiesta cada vez más a medida que los niveles de ruido ambiental sobrepasan los 35 dBA de Neq. Se ha encontrado que existe un 5% de probabilidades de que los sujetos despierten con un nivel acústico máximo de 40 dBA, y esas probabilidades aumentan al 30% con 70 dBA.

Dentro de una población pueden existir diferencias en la sensibilidad al ruido relacionadas, por ejemplo, con la edad y el sexo. Se ha comprobado que sólo se produce adaptación cuando los estímulos sonoros son de escasa intensidad. Aún cuando el sueño resulta más alterado por ruidos

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

ricos en información, se ha observado habituación a ese tipo de ruidos. De acuerdo con los limitados datos disponibles, se recomienda un Neq inferior a los 35 dBA para preservar el proceso reparador del sueño.

Estrés.

Se han producido en el laboratorio efectos sobre la circulación general, como constricción de los vasos sanguíneos, y se ha detectado una incidencia elevada de trastornos circulatorios, incluida la hipertensión, en trabajadores expuestos al ruido. Se ha señalado que la presión sanguínea tiende a ser más alta en las poblaciones que viven en zonas ruidosas contiguas a aeropuertos, pero no se han presentado pruebas concluyentes al respecto.

El ruido afecta el sector simpático del sistema nervioso autónomo. La dilatación pupilar, la bradicardia y el aumento de conductancia cutánea son proporcionales a la intensidad del ruido para NPA superiores a 70dB, sin que exista adaptación al estímulo.

El ruido intenso puede producir otros trastornos del simpático, tales como alteraciones de la movilidad gastrointestinal. Las historias clínicas de trabajadores han mostrado que, además de una mayor incidencia de pérdida de audición, es más elevada la prevalencia de úlceras pépticas en los grupos expuesto al ruido; no obstante, no se ha establecido una relación causal.

Molestias.

Las molestias relacionadas con el ruido pueden definirse como sensaciones desagradables que el ruido provoca. La capacidad de causar molestias de un ruido depende de muchas de sus características físicas, -entre ellas su intensidad, su espectro y las variaciones de éste a lo largo del

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

tiempo. Sin embargo, en las reacciones de molestia influyen muchos factores no acústicos de carácter social, psicológico o económico, y existen considerable diferencias entre las reacciones individuales ante un mismo ruido.

Cualquiera que sea la escala usada para expresar la exposición al ruido, es preciso reconocer que con cualquier grado de molestia causada por el ruido, las reacciones varían considerablemente como consecuencia de las diferencias psicosociales.

Una técnica útil para indicar el posible margen de variación individual consiste en usar una curva patrón que muestre el porcentaje de personas que sufrirán molestias en función del nivel de ruido.

Se han establecido esas curvas para diversos géneros de ruido, pero sobre todo para el ruido provocado por aviones o por el tránsito automotor. Sobre esta base, se puede llegar a la conclusión de que en zonas residenciales donde la exposición diurna al ruido sea inferior a un N_{eq} de 55 dBA, serán pocas las personas que sufrirán molestias graves. Se recomienda ese nivel como límite conveniente de exposición al ruido para la comunidad en general, aunque será difícil mantenerlo en muchas zonas urbanas. Algunos residentes tal vez consideren demasiado alto ese nivel, especialmente porque en muchas zonas suburbanas y rurales, los niveles acústicos son en la actualidad considerablemente inferiores

Efectos sobre el rendimiento.

El efecto del ruido sobre el rendimiento en el trabajo ha sido estudiado fundamentalmente en laboratorio y, en cierta medida, en situaciones laborales, no obstante, se han efectuado muy

pocos o ningún estudio de los efectos del ruido sobre la productividad en situaciones reales. Es evidente que cuando una tarea implica señales auditivas de cualquier tipo, un ruido de tal intensidad que enmascare la percepción de esas señales o interfiera en dicha percepción, dificultará la realización de la tarea.

El ruido puede actuar como elemento de distracción, según la significación del estímulo, y puede también afectar el - estado psicofisiológico del individuo. Un acontecimiento nuevo como el comienzo de un ruido extraño, causará distracción e interferirá en muchos tipos de tareas. Los ruidos repulsivos (como los estampidos sónicos), pueden producir efectos disociadores como resultado de sobresaltos, a los que es más difícil habituarse.

El ruido puede modificar el estado de alerta del individuo y aumentar o disminuir la eficiencia. El desempeño de tareas que implican actividades monótonas no siempre resulta afectado por el ruido. En el extremo contrario, las actividades mentales que implican concentración, reunión de información y procesos analíticos, parecen ser particularmente sensibles al ruido. Se ha señalado que en la industria el mejor indicador de los efectos del ruido sobre el desempeño laboral es un aumento de accidentes.

Evaluación del impacto por ruido.

El primer paso en la evaluación del impacto por ruido es hacer un inventario del ruido ambiental existente. Se usan mediciones presentes y modelos matemáticos. Es importante la consulta de las normas técnicas ecológicas. Enseguida, deben predecirse los niveles de ruido esperados debidos al proyecto propuesto, tanto en la fase de construcción como en la de operación.

Finalmente, deben identificarse algunas medidas de mitigación para la reducción del ruido, para su posible implantación.

Como ejemplo de medida de mitigación, se puede incrementar la zona de amortiguamiento entre el proyecto y el vecindario. Los niveles sonoros a partir de la fuente se disipan rápidamente con la distancia, como lo muestra la siguiente ecuación.

$$NPA2 = NPA1 - 20 \log \frac{D2}{D1} \quad (3.5)$$

Donde:

NPA es el nivel de presión acústica recibida a la distancia D2 a partir de la fuente.

Otras medidas de mitigación incluyen el uso de equipo silenciador y levantamiento de barreras acústicas.

PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

La primera etapa de un estudio de impacto ambiental (Figura 6. 1) consiste en describir las características del proyecto y las obras y actividades que en él se involucran en sus diferentes fases: selección del sitio, preparación del sitio y construcción, operación y mantenimiento, y abandono del sitio. A continuación debe hacerse una caracterización de la situación ambiental existente en la

zona de influencia del proyecto, haciendo énfasis en los posibles niveles de alteración. La descripción del ambiente debe incluir los aspectos generales del medio natural (físico y biológico) y socioeconómico.

Como parte final de esta primera etapa, se predicen las condiciones ambientales futuras que se tendrían en el sitio, de no llevarse a cabo el proyecto.

La segunda etapa es el elemento fundamental del estudio de impacto ambiental y consiste en tres fases principales: Identificación, predicción y evaluación de los efectos que tendrá la implantación del proyecto en sus diferentes etapas sobre el ambiente. Para llevar a cabo esta segunda etapa, se han desarrollado numerosas técnicas, que presentan diferencias en su objetivo, enfoque y requerimientos de información. Cada una de estas técnicas presenta ventajas y desventajas respecto de las otras, por lo que aquella o aquellas que se apliquen deberán seleccionarse considerando el tipo de proyecto, la información disponible y las características del ambiente en el sitio de que se trate. En el apartado 6.2 se describen las técnicas de evaluación del impacto ambiental.

En la tercera etapa del estudio se proponen las medidas de prevención, control y mitigación de los efectos negativos que ocasionaría el proyecto sobre el ambiente, tomando en cuenta los impactos evaluados en la etapa anterior.

Finalmente, la cuarta etapa del estudio consiste en comunicar sus resultados mediante el documento denominado Manifestación de Impacto Ambiental.

TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Para llevar a cabo la segunda etapa del estudio de impacto ambiental existen diversas técnicas simples y complejas que pueden aplicarse. Entre estas técnicas se incluyen diversas matrices de ponderación, listados, modelos de simulación por computadora, etcétera. La finalidad ideal que se persigue al aplicar las técnicas de análisis es cubrir las tres fases del estudio antes mencionadas: identificación, predicción y evaluación. Estas fases se resumen en el Cuadro 6.1 y se explican a continuación.

CUADRO

FUNCIONES ANALITICAS DE LAS TRES FASES DE LA SEGUNDA ETAPA DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.	
FASE:	FUNCION ANALITICA
IDENTIFICACION	Descripción del sistema ambiental existente Determinación de los componentes del proyecto Definición de las alteraciones del medio causadas por el proyecto (incluyendo todos los componentes)
PREDICCION	Estimación de las alteraciones ambientales significativas Revisión del cambio de la probabilidad de que ocurra el impacto
EVALUACION	Determinación de la incidencia de costos y beneficios en los grupos de usuarios y en la población afectada por el proyecto Especificación y comparación de costos y costos/beneficio entre varias alternativas

MIA
MODALIDAD GENERAL

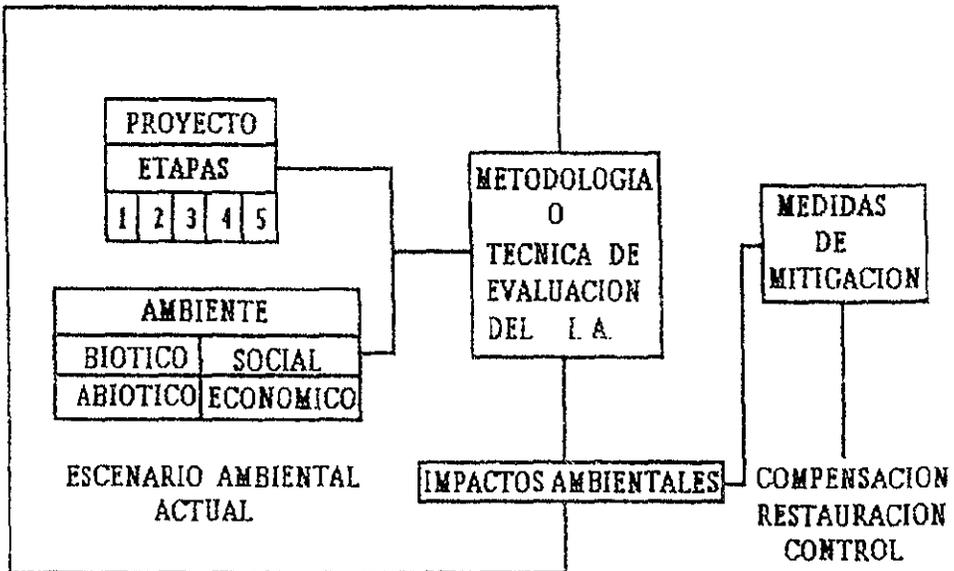


Figura 6.1 Procedimiento general para realizar un estudio de impacto ambiental.

Fase 1: Identificación.

Consiste en identificar separadamente las actividades del proyecto que podrían provocar impactos sobre el ambiente en las etapas de selección y preparación del sitio; construcción, operación y mantenimiento; y abandono al término de la vida útil. Asimismo se identifican los factores ambientales y sus atributos que se verían afectados.

Fase 2: Predicción.

Consiste en predecir la naturaleza y extensión de los impactos ambientales de las actividades identificadas. En esta fase se requiere cuantificar con indicadores efectivos el significado de los impactos.

Fase 3: Evaluación.

Consiste en evaluar los impactos ambientales cuantitativa y cualitativamente. De hecho, la política de estudiar los efectos en el ambiente carecería de utilidad si no se contara con una determinación cualitativa y cuantitativa de los impactos. Al conocer la naturaleza y dimensión de un impacto es posible tomar una decisión, la cual puede consistir en:

- Diseñar alguna medida de prevención o mitigación.
- Determinar una alternativa del proyecto que genere impactos de menor magnitud e importancia.

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

La elección de cualquiera de estas opciones implicará las correspondientes consideraciones técnicas, económicas, sociales y financieras.

La segunda etapa del estudio de impacto ambiental es la que requiere más dedicación y esfuerzo, ya que debe ser desarrollada por un grupo de especialistas en diferentes disciplinas con el objeto de que queden cubiertas todas las áreas del ambiente. Esta actividad interdisciplinaria exige una estrecha comunicación entre las especialistas que la llevan a cabo, requiriéndose del trabajo en grupo para definir la importancia de los factores ambientales y la magnitud de los impactos.

La clasificación más ampliamente aceptada divide a las técnicas para identificar, predecir y evaluar los impactos ambientales en los siguientes grupos.

- Procedimientos pragmáticos.
- Listados.
- Matrices.
- Redes.
- Modelos.
- Sobreposiciones.
- Procedimiento adaptativo.

Estos métodos han sido elaborados y aplicados principalmente en los Estados Unidos y están desarrollados conforme a los lineamientos técnicos y legales de ese país, por lo que para ser aplicados en México deben adecuarse a las condiciones nacionales. A continuación se presenta una breve descripción de las características generales de las técnicas mencionadas.

Procedimientos pragmáticos.

Consiste en integrar un grupo de especialistas en diferentes disciplinas para identificar impactos en sus áreas de especialidad (por ejemplo: flora, fauna, contaminación, aspectos económicos), buscando satisfacer los requerimientos de la legislación ambiental vigente en el ciclo del estudio, referentes a la evaluación de impactos. En esta metodología no se definen parámetros específicos que deben ser investigados ni se realiza una evaluación formal de la magnitud de los impactos.

**CUADRO
TÉCNICAS PARA IDENTIFICAR, PREDECIR Y EVALUAR
LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

PROCEDIMIENTOS PRAGMÁTICOS	COMITÉ INTERDISCIPLINARIO DE ESPECIALISTAS
LISTADOS	LISTA ESTANDARIZADA DE IMPACTOS ASOCIADOS CON EL TIPO DE PROYECTO
REDES	LISTAS GENERALIZADAS DE LAS POSIBLES ACTIVIDADES DE UN PROYECTO Y DE LOS FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS POR MAS DE UNA ACCIÓN
MODELOS	CONCEPTUAL: DESCRIBE LAS RELACIONES ENTRE LAS PARTES DEL SISTEMA MATEMÁTICO: MODELO CONCEPTUAL CUANTITATIVO COMPUTADORA: REPRESENTACIÓN DINÁMICA DEL SISTEMA
SOBREPOSICIONES	EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ECOLÓGICA ANTERIOR Y POSTERIOR AL PROYECTO.
PROCEDIMIENTO ADAPTATIVO	COMBINACIÓN DE VARIAS TECNICAS

Listados.

En estas técnicas se parte de una lista maestra de factores ambientales y/o impactos seleccionándose y evaluándose aquellos impactos esperados para el proyecto y sus acciones específicas. Este tipo de listas se elaboran con un criterio interdisciplinario para identificar las acciones del proyecto que puedan causar impactos significativos, no relevantes o sin interés. Los listados pueden complementarse con instrucciones de la forma de presentar y usar los datos, y con la inclusión de criterios explícitos para impactos de cierta magnitud e importancia.

Matrices.

Consisten básicamente en listados generalizados de las posibles actividades de un proyecto y de los factores ambientales potencialmente impactados. Ambas listas se colocan, indistintamente, en las columnas o renglones de la matriz. La utilización de las matrices difiere de los listados en que se identifican las posibles interacciones del proyecto y el ambiente; asimismo, permiten definir las acciones que generan más de un impacto y los factores ambientales afectados por más de una acción.

La mayoría de los sistemas basados en matrices, utilizan una escala que permite al evaluador la oportunidad de registrar niveles de intensidad. Algunas de ellas muestran la manera como el evaluador puede utilizar, de manera combinada, ciertos indicadores objetivos con opiniones de expertos e impresiones para asignar la calificación a cada una de las celdas dentro de la matriz. Otras metodologías están basadas en la asignación de pesos (ponderación) multiplicándolos por el rango de severidad, dentro de cada celda.

Los listados son utilizados como insano en las matrices de causa-efecto para identificar los posibles impactos causados por las diferentes actividades del proyecto. Redes.

Estas técnicas amplían el concepto de las matrices mediante la introducción de una red de causa-condición-efecto que permite la identificación de impactos acumulativos o indirectos, los cuales no son adecuadamente explicados a través de una secuencia simple de causa-efecto representada por matrices.

Modelos.

Un modelo es una representación física, matemática, o en el mejor de los casos física-matemática, que reproduce las características y condiciones de un ecosistema, de modo que analizando esta información y las interacciones existentes, se puede llegar a la percepción y comprensión del comportamiento de tal sistema.

Es evidente que los modelos matemáticos son un reflejo expresado en ecuaciones y fórmulas matemáticas de modelos intuitivos elementales de nuestra imagen del funcionamiento del universo, y tienen por objeto efectuar una predicción.

Sobreposiciones.

Estas técnicas están basadas en el uso de una serie de mapas transparentes que se pueden sobreponer para producir una caracterización compuesta del ambiente regional. Los mapas describen factores ambientales o características del suelo y la distribución superficial del proyecto

con todas sus obras complementarias. Este enfoque es efectivo para seleccionar alternativas e identificar ciertos tipos de impactos, ya que esta técnica localiza los factores limitativos para ciertos usos, pudiéndose así conocer los factores del ambiente más sensibles de ser afectados; sin embargo, no puede usarse para cuantificar estos impactos o identificar interacciones secundarias o terciarias.

Procedimiento adaptativo.

Debido a que ninguna de las técnicas antes descritas cubre las tres fases del estudio: identificación, predicción y evaluación, es necesario complementarlas o combinarlas, resultando un procedimiento adaptativo.

En los siguientes apartados se describen detalladamente las técnicas mencionadas.

Listados.

Se distinguen cuatro categorías de listados:

- Listados simples.
- Listados descriptivos.
- Listados de escala.
- Listados de escala y peso.

Los listados simples consisten en una lista de parámetros por ser analizados, pero no proporcionan una guía de cómo deben ser medidos tales parámetros. En el Cuadro 6.3 se presenta a manera de ejemplo un listado simple desarrollado por el Departamento de Transporte de los

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

Estados Unidos. Se trata de una identificación de los impactos asociados con los proyectos de sistemas de transporte.

Los listados descriptivos consisten en una lista de parámetros por ser analizados y proporcionan guías sobre cómo deben ser medidos tales parámetros.

Los listados de escala, son como los listados descriptivos, pero además proporcionan información de cómo deben valuarse los parámetros con una escala subjetiva. En el Cuadro 6.4 se presenta un ejemplo típico de listado por área de impacto. En dicho listado se marca con un símbolo la celda correspondiente al efecto estimado para la etapa de construcción y operación. Otra forma de emplear el procedimiento es con calificaciones numéricas en un ámbito establecido y signos para indicar la magnitud del efecto adverso (-) o benéfico (+).

Adkins y Burke desarrollaron un listado para proyectos de sistemas de transporte que implica una escala de impacto de las alternativas del proyecto en un intervalo de -5 a +5 (-1 a +1 en el ejemplo 6.1).

CUADRO 6.4
EJEMPLO TÍPICO DE UN LISTADO DE ESCALA POR AREA DE IMPACTO.

	FASE DE CONSTRUCCION			FASE DE OPERACION		
	E.A	S.E	E.B	E.A	S.E	E.B
A. TRANSFORMACION DEL TERRENO						
a. Compactación						
b. Erosión						
c. Cobertura con tierra (Terraplenes)						
d. Sedimentación						
e. Estabilidad (deslizamiento)						
f. Esfuerzo-deformación (riños)						
g. Inundación						
h. Perforación (barrenación) y voladura.						
i. Suspensión de operaciones						
B. USO DEL SUELO						
a. Espacio abierto						
b. Recreativa						
c. Agrícola						
d. Residencial						
e. Comercial						
f. Industrial						

Sistemas de evaluación ambiental.

El Sistema de Evaluación Ambiental (SEA) fue disecado por los Laboratorios Batelle Collumbus en los Estados Unidos para evaluar impactos de los proyectos de obras de uso y manejo del agua, sin embargo, puede aplicarse también a otro tipo de proyectos.

La base del SEA es la definición de una lista de indicadores de impacto, con 78 parámetros ambientales, que representan una unidad o un impacto al ambiente que merece considerarse por separado, y cuya evaluación es además representativa del impacto ambiental derivado de las acciones o de los proyectos en consideración.

Estos parámetros están ordenados en un primer nivel según las 18 componentes ambientales siguientes:

- Especies y poblaciones.
- Hábitats y comunidades.
- Ecosistemas.
- Contaminación del agua.
- Contaminación atmosférica.
- Contaminación del suelo.
- Ruido.
- Suelo.
- Aire.
- Agua.

- Biota.
- Objetos artesanales.
- Composición.
- Valores educacionales y científicos.
- Valores históricos.
- Cultura.
- Sensaciones.
- Estilos de vida (patrones culturales).

Estos 18 componentes ambientales se agrupan, a su vez, en cuatro categorías ambientales:

- Ecología.
- Contaminación.
- Aspectos estéticos.
- Aspectos de interés humano.

Esta subdivisión tiene la finalidad de establecer los niveles de información progresiva requeridos, que se presenta en forma inversa a la planteada de la manera siguiente:

Categorías ambientales --- > componentes --- > parámetros

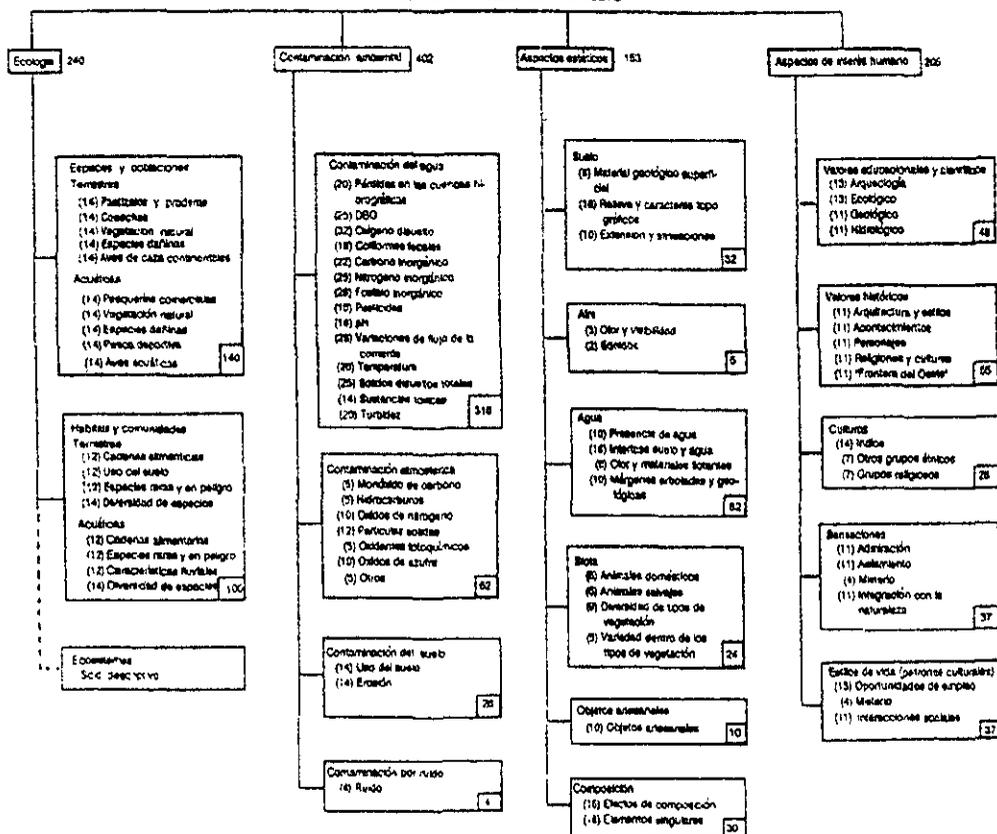
El último nivel de información es la medición de parámetros.

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

En el Cuadro 6.6 se muestra el diagrama del Sistema de Evaluación Ambiental de Batelle Collumbus, donde pueden observarse las categorías, componentes y parámetros ambientales seleccionados. Con estos parámetros se pretende:

1. Que representen la calidad del ambiente (identificación).
2. Que sean fácilmente medibles en campo (predicción, interpretación e inspección).
3. Que respondan a las exigencias del proyecto a evaluar (identificación).
4. Que sean evaluables a nivel de proyecto (predicción e interpretación).

CUADRO
DIAGRAMA DEL SISTEMA DE EVALUACION AMBIENTAL DE BATELLE-COLUMBUS
IMPACTOS AMBIENTALES



Debido a que los parámetros que se listan en el Cuadro 6.6 tienen distintas unidades, por ejemplo, el oxígeno disuelto, mg/l y el ruido, decibeles, el SEA propone un sistema de transformación para que todos los parámetros se puedan evaluar en unidades commensurables, es decir comparables, representando valores que, en lo posible, sean resultado de mediciones reales. La técnica para transformar los parámetros a unidades commensurables es la siguiente:

- Paso 1. Transformar todos los parámetros en su correspondiente equivalencia de índice de calidad ambiental.
- Paso 2. Ponderar la importancia del parámetro considerado, según su importancia relativa dentro del ambiente.
- Paso 3. A partir de los pasos 1 y 2, expresar el impacto neto como resultado de multiplicar el índice de calidad ambiental por su índice ponderal.

A continuación se explican estos tres pasos detalladamente.

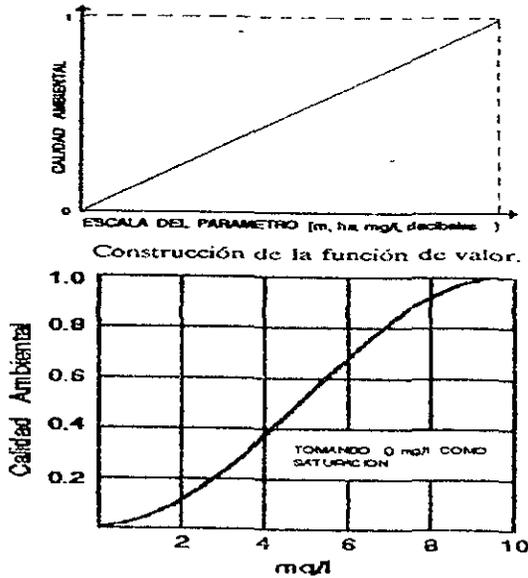
Paso 1. Índice de calidad ambiental.

El valor que un determinado parámetro (por ejemplo DBO, OD, ruido, etcétera), tiene en una situación determinada, o se prevé que resultará de una acción o un proyecto, es muy variable y a cada uno le corresponde un cierto grado de calidad. Esta calidad está acotada entre un valor pésimo y uno óptimo. Por ejemplo, un cuerpo de agua natural tal como un río con 0 mg/l de oxígeno disuelto tiene una pésima calidad con respecto a ese parámetro, y un río con 9 mg/l de oxígeno disuelto tiene calidad óptima.

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

En el SEA, para obtener valores de calidad comparables, al extremo óptimo se le asigna una calidad ambiental de 1 y al pésimo el 0, quedando comprendidos entre ambos extremos los valores intermedios para definir estados de calidad del parámetro. Esto puede hacerse a través de una función de valor, la cual relaciona los diferentes niveles del parámetro estimado al nivel apropiado de calidad ambiental (figura 6.2).

Un ejemplo de función de valor se muestra en la figura 6.3 para el oxígeno disuelto, el cual se usa comurumente como índice de calidad del agua.



Dee et al. (1972) recomienda el siguiente procedimiento para determinar funciones de

valor.

1. Obtener información acerca de las relaciones entre el parámetro y la calidad del ambiente.
2. Ordenar la escala del parámetro (abscisa) de tal forma que el valor inferior sea cero.
3. Dividir la escala de calidad (ordenada) en intervalos iguales entre 0 y 1, y determinar el valor apropiado del parámetro para cada intervalo. Continuar con el proceso para cada intervalo hasta que pueda dibujarse la curva.
4. Varios especialistas repiten independientemente los pasos 1 a 3. Se promedian las curvas para obtener una sola.
5. Mostrar las curvas a todos los participantes preguntando si están de acuerdo. Modificar las curvas en caso de ser necesario.
6. Repetir los pasos 1 a 5 con un grupo separado de especialistas, para probar la reproducibilidad.
7. Repetir los pasos 1 a 6 para todos los parámetros seleccionados.

Paso 2. Ponderación de parámetros.

Considerando que cada parámetro representa sólo una parte del ambiente, es importante disponer de un mecanismo según el cual todos ellos se puedan contemplar en conjunto y, además, ofrezcan una imagen coherente de la situación al hacerlo. Para conseguir esto, hay que reflejar de alguna forma la diferencia entre unos parámetros y otros, en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación del ambiente. Con este fin, en el SEA se atribuye a cada parámetro un peso o un índice ponderal. Tal peso se expresa en forma de unidades de importancia parametral, y

el valor asignado a cada parámetro resulta de la distribución relativa de mil unidades de importancia asignadas al total de parámetros (ambiente de calidad óptima).

En principio, considerando que estos índices ponderases del parámetro representan su importancia dentro de un sistema global, que es el mismo para todos los proyectos, los índices no deben variar de un proyecto a otro dentro de zonas geográficas y contextos socioeconómicos similares. Con ello se evita además la interpretación subjetiva del analista.

En el Cuadro 6.6 se indica junto a cada parámetro la unidad de importancia (UIP), o índice ponderal, así como los que corresponden por suma de aquéllos a los niveles de agrupación de parámetros, componentes y categorías.

Paso 3. Obtención de unidades commensurables.

Considerando que la situación óptima del ambiente le corresponden 1,000 unidades de importancia como suma de las condiciones óptimas de sus parámetros definidos por sus correspondientes UIP, la representación conseguida es coherente, apareciendo en ella los parámetros según su contribución relativa. Ahora bien, en el caso de que estos parámetros no se hallen en una situación óptima, su contribución a la situación del ambiente vendrá disminuida en el mismo porcentaje que su calidad y, en consecuencia, sus unidades de impacto ambiental se expresan como:

$$UIA = UIP \times CA$$

Donde:

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

UIA = unidades de impacto ambiental.

UEP = unidades de importancia parametral.

CA = calidad ambiental.

Evaluación final del proyecto.

Aplicando el procedimiento explicado en los tres pasos anteriores a la situación del ambiente de llevarse a cabo el proyecto (con proyecto), y a la que se tendría de no llevarse a cabo (sin proyecto), se tendrán para cada parámetro unos valores cuya diferencia indicará el impacto neto del proyecto según dicho parámetro, esto es:

$UIA (\text{con proy.}) - UIA \text{ sin proy.} = UIA \text{ por proyecto}$

UIA por proyecto puede ser positivo o negativo.

Considerando que las UIA evaluadas para cada parámetro son conmensurables, pueden sumarse, evaluándose así el impacto global de distintas alternativas de un mismo proyecto, con el fin de compararlas y obtener la alternativa más idónea. Esta evaluación global también sirve para tomar las medidas conducentes a mitigar el impacto ambiental del proyecto y, de forma general, para apreciar la degradación del ambiente como resultado del proyecto, tanto globalmente como en sus distintos sectores (categorías, componentes o parámetros).

El método dispone además de un sistema de alerta el cual considera que hay que destacar ciertas situaciones críticas. Aunque el impacto global de un proyecto sea admisible, puede haber ciertos parámetros que hayan sido afectados en forma más o menos inadmisibles. Para tal efecto se

CAPITULO VIII.- IMPACTO AMBIENTAL

establece la utilización de banderas rojas, grandes o pequeñas, según la variación porcentual del parámetro producida por el proyecto. Puede reflejarse así para cada parámetro los valores en unidades de impacto ambiental neto (UIA), correspondientes a:

- Con proyecto: UIA cp
- Sin proyecto: LJA sp
- Debido al proyecto: LJAdp

Por diferencia entre los anteriores, y si la alteración es significativa, disponer una bandera roja grande o pequeña.

Posteriormente, y con el fin de evaluación global o de comparación de alternativas, pueden hacerse las adiciones que se consideren necesarias, siendo el impacto global debido al proyecto.

$$i = n$$

$$\text{Impacto global} = \text{UIA dp}$$

$$i = 1$$

El procedimiento constructivo que se menciona a continuación, no es una secuencia rígida que se sigue en la ejecución de una obra aeroportuaria, ya que varios de los conceptos que aquí se presentan ordenados, se ejecutan en etapas paralelas, o antes si es preciso, por lo tanto la secuencia de los trabajos mencionados deben tomarse como una descripción general del proceso.

El proceso de construcción es de gran importancia en cualquier obra, ya que influye en el costo total y la calidad de la obra.

Los aspectos constructivos que enunciaremos pueden aplicarse a varios tipos de obras, variando un poco en las especificaciones de construcción.

PRELIMINARES

Antes de empezar la construcción de la obra, se realiza un levantamiento topográfico para definir linderos y los accidentes del terreno natural, colocando referencias y bancos de nivel que sirven de guía durante el tiempo que dura la obra.

TRAZO DEFINITIVO

Se trazan y colocan referencias para la construcción de las estructuras y los edificios, se verifican medidas con el proyecto ejecutivo y se distribuyen las áreas que ocuparán las oficinas de campo, el almacén de materiales, comedor, laboratorio de campo, área para almacenar maquinaria y equipo, y la zona para habilitado de cimbra y acero.

Esta distribución se hace para minimizar el tiempo de los acarreo de materiales del almacén a la obra, las oficinas y la bodega, generalmente se localizan muy cerca de la entrada principal para controlar la entrada y salida de personal, materiales y equipo de construcción, el traslado de maquinaria y equipo a la obra debe ser acorde a lo programado para evitar congestionamientos en las áreas de trabajo y tiempos muertos.

DESMONTE

Consiste en eliminar la vegetación existente en las zonas de trabajo, se efectúa con procedimientos manuales y en ciertos casos se utiliza maquinaria y explosivos.

Para el caso de los bancos de materiales se ejecuta en toda el área por excavar, comprende las siguientes operaciones:

Tala.- Corte de árboles y arbustos.

Roza.- Eliminación de la maleza, hierba, zacate o residuos de siembra.

Desenraíce.- Extracción de troncos y tacones.

Limpia y retiro del producto de desmonte fuera del área de trabajo.

DESPALME

Es la operación que consiste en remover un determinado espesor del terreno natural, que por sus características es inadecuado para emplearse en la construcción de la obra, se realiza solo en el área por construir y se ejecuta por etapas, conforme se va avanzando en el trabajo, esto es con la finalidad de mantener la humedad del terreno, solo si el contenido de

humedad es excesivo se despalina con anticipación para que la misma se elimine por evaporación.

Las características del material por remover nos indicará el equipo mas adecuado y el producto del despalme se retira a zonas previamente establecidas de manera que no afecte la ejecución de otras obras.

MATERIALES PÉTREOS

Por la magnitud de la obra es necesario contar con un volumen suficiente de materiales pétreos, por lo cual se contará con uno o varios bancos de materiales que nos permitan ejecutar la obra sin contratiempos.

Los materiales pétreos son un punto esencial en la construcción de terracerías, sub-bases, bases, elaboración de concreto hidráulico y en la construcción de pavimentos asfálticos, ya que estos trabajos por su magnitud requieren de un volumen considerable de estos agregados.

El transporte de los materiales del banco a la obra por lo general se efectúa con equipo montado sobre neumáticos; es un equipo ideal para transportar grandes volúmenes, con gran rapidez y a grandes distancias. Por ejemplo camiones de volteo, vagonetas, dumptrors, etc.

CORTES Y TERRAPLENES

Son excavaciones en el terreno natural, por lo regular se ejecutan a cielo abierto y tienen por objeto formar la sección de una obra y dependiendo con la dificultad para su

extracción del volumen requerido y las características del material se define el equipo que se va a utilizar.

Los materiales de cortes se clasifican de acuerdo a la dificultad que presentan para su extracción y carga:

Tipo A.- Material blando o suelto de suelos poco o nada cementados, con partículas hasta de 7.5 cm como los suelos agrícolas, las lamas y las arenas.

Tipo B.- Material que presenta dificultad en su extracción y carga, el tamaño de sus partículas varía de 7.6 cm hasta 75 cm y entre estos tenemos a las rocas alteradas, conglomerados medianamente cementados, arenisca blanda y tepetate, este material es atacable con tractor .

Tipo C.- Material que requiere del uso de explosivos para su extracción y la piedra suelta con una dimensión mayor de 7.5 cm como con la roca basáltica, los conglomerados y areniscas fuertemente cementadas, caliza, riolito, granito y andetita sana.

Clasificación intermedia.- Es cuando los materiales que se extraen presentan una mayor dificultad que los descritos anteriormente asignándoles porcentajes de mat. A, B, ó C en proporción con las características medias del material de que se trate.

Terraplenes.- Son estructuras que se forman con materiales provenientes de cortes de préstamos. para la formación de terraplenes se pueden clasificar de la siguiente manera:

Material compactable. Como los suelos, fragmentos de roca muy alterada, medianamente cementados, arenisca blanda y tepetates, etc.

Material no compactable. Son fragmentos de roca provenientes de mantos sanos como los basaltos, caliza, granito y conglomerados fuertemente cementados.

CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS

La construcción de un edificio en el aeropuerto no difiere de un edificio común, pero si tienen ciertas características que los distinguen:

- Flexibilidad para ampliaciones futuras de acuerdo a la demanda creciente de los usuarios.
- Accesibilidad para el flujo ágil de pasajeros y carga.
- Estrictas medidas de seguridad para el personal y el usuario.
- Salas de espera y ambulatorios espaciosos, estéticos y funcionales.
- Ambiente confortable y una iluminación adecuada.

TRABAJOS PRELIMINARES

Para iniciar la construcción de un edificio se ubica efectuando el trazo general de los ejes y de los niveles, partiendo de líneas de referencia y bancos de nivel previamente establecidos, verificando el trazo contra los planos autorizados del proyecto ejecutivo.

La estructura para los edificios del aeropuerto, pueden ser a base de: estructuras de acero, concreto reforzado, mampostería, madera ó combinación de estos.

La estructuración puede adoptar distintas características y formarse con muros de carga, trabes y columnas ó a base de marcos rígidos con columnas, trabes y losas planas macizas o reticulares.

Durante el tiempo de la obra se requiere de pruebas de calidad tanto de los materiales que utilizan como de los trabajos que se ejecutan, por eso es necesario contar con un laboratorio que controle y verifique calidad y resistencia.

Entre las pruebas de laboratorio más comunes se tienen: pruebas de resistencia y calidad, control del acero de refuerzo, control de los agregados y del concreto, control del acero para estructuras, de sus soldaduras, de las compactaciones en terracerías y pavimentos, etc.

El edificio terminal y los hangares requieren de espacios amplios sin obstrucciones intermedias causadas por columnas. Estas estructuras son espaciales y generalmente se construyen con arcos, marcos o armaduras de acero preesforzado.

ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO

Las estructuras de concreto reforzado, se distinguen de las estructuras de otros materiales, porque tiene ciertas características derivadas de los procedimientos constructivos utilizados en su fabricación.

El concreto se fabrica en estado plástico lo que obliga a utilizar moldes, que lo sostienen mientras adquiere resistencia suficiente para que la estructura sea autosoportante. Esta característica exige ciertas restricciones, pero al mismo tiempo aporta algunas ventajas, como es la moldeabilidad, propiedad que brinda al proyectista, gran libertad en la elección de formas.

También se tiene facilidad para lograr la continuidad de la estructura, con todas las ventajas que esto supone. Mientras que en estructuras metálicas, el logro de continuidad en las conexiones de los elementos, implica serios problemas en el diseño y en la ejecución. En las de concreto reforzado el monolitismo, es consecuencia natural de las características de construcción.

Existen dos procedimientos principales para fabricar estructuras de concreto. Cuando los elementos estructurales se forman en su posición definitiva se dice que la estructura ha sido colada "IN SITU". Si se fabrica en lugar distinto al de su posición definitiva, el procedimiento recibe el nombre de prefabricación.

El primer procedimiento, obliga a una secuencia determinada de operaciones, ya que para iniciar cada etapa es necesario, esperar a que se haya concluido la anterior. Por ejemplo, no puede proceder a la construcción de un nivel en un edificio hasta que el nivel anterior haya adquirido la resistencia adecuada.

Además es necesario la construcción de obras falsas muy elaboradas y transportar el concreto fresco del lugar de fabricación a su posición definitiva, operaciones que influyen decisivamente en el costo.

El concreto reforzado.

Las características de un concreto pueden variar considerablemente mediante el control de sus ingredientes. Cuando el control de calidad es bueno, el concreto presenta características favorables, como son trabajabilidad, durabilidad, impermeabilidad, resistencia al fuego y resistencia a la compresión. Tomando en cuenta que el concreto tiene desventajas como relativa fragilidad, su resistencia a la tensión es pequeña comparada con su resistencia a la compresión. Esta desventaja puede contrarrestarse, reforzando o pre-esforzando el concreto con el acero, la combinación de ambos materiales, nos da como resultado el concreto reforzado o armado, el cual posee muchas de las mejores propiedades de cada uno.

Principales componentes del concreto reforzado.

Cemento.

El cemento portland es un polvo fino producto de una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos; se fabrica en cinco tipos:

Cemento portland normal (tipo Y).- se emplea para fines estructurales cuando no se requieren propiedades especiales.

Cemento portland modificado (tipo I[I]).- Se utiliza para elaborar concretos expuestos a una moderada acción de sulfatos.

Cemento portland de alta resistencia rápida (tipo IR).- recomendable cuando se necesita una resistencia temprana en una situación particular de construcción. Ya que tiene un gran desprendimiento de calor no es aconsejable utilizarlo en grandes volúmenes.

Cemento portland puzolana (tipo IV).- bajo en calor de hidratación, por su contenido de puzolana (sílice-aluminoso) ofrece una mayor resistencia a la acción de sulfatos y sales, se obtiene una mayor plasticidad e impermeabilidad en el concreto.

Cemento portland resistente a los sulfatos (tipo V).- Diseñado para proporcionar una alta resistencia al ataque de los sulfatos, álcalis y sales. Se aplica en estructuras expuestas al agua del mar.

Los agregados.

El termino agregado comprende las arenas, gravas y piedras trituradas utilizadas para preparar morteros y concretos.

La limpieza, sanidad, resistencia y forma de la partículas son importantes en cualquier agregado. Su granulometría, clasificación y el tamaño máximo de los agregados son determinantes, debido al efecto en las dosificaciones, docilidad, economía, porosidad y contracción.

El agua.

El agua que se le agrega a la mezcla para elaborar el concreto hidráulico se puede obtener de ríos, pozos, lagos, presas, etc. pero es recomendable que el agua sea lo más potable que se pueda.

Es de sana importancia vigilar la proporción del agua con la pasta de concreto, ya que la relación agua-cemento depende la resistencia, durabilidad, permeabilidad y otras propiedades deseables del concreto. Por esta razón las especificaciones limitan la relación agua-cemento, la cantidad total de agua y el revenimiento, por eso es importante que el encargado de la obra verifique que esos límites no se excedan.

ACERO DE REFUERZO

Se presenta comercialmente en forma de varilla en diferentes diámetros y por su textura puede ser lisa,, corrugada o torcida en frío y por su grado de dureza,, ser normal o de alta resistencia.

Es importante que satisfaga los requisitos especificados en el proyecto, mediante un laboratorio, efectuando pruebas de tensión y doblado para su aceptación o rechazo.

Existen recomendaciones en su uso para las estructuras de concreto reforzado, entre otras tenemos:

El acero esté formado por baffas de acero corrugado de cualquiera de los diámetros comerciales.

Esté libre de lodo, óxido, grava, aceites o cualquier otro recubrimiento no metálico que perjudique su adherencia.

Protección de las varillas cuando queden a la intemperie para evitar su corrosión.

Utilización de grifos y pernos para el doblado sin recurrir al calentamiento.

LA CIMBRA

Para colar los elementos de concreto reforzado, como dalas de repartición, zapatas de cimentación, contratraves, castillos, columnas, trabes, losas, etc. se utilizan moldes o estructuras echas de madera o metálicas.

ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO

La elaboración del concreto puede efectuarse en una planta o en un lugar, esto va a depender del volumen que se necesita, cuando se elabora en el lugar se hace con una revolvedora de baja capacidad.

La mezcla de concreto se debe de hacer lo más cerca posible de los elementos por colar, con lo cual se evitan acarreo innesarios. Es importante suministrar agua al cemento con los agregados y el depósito de esta mezcla en los moldes, realizarlo en unos minutos ya que el cemento empieza a fraguar al contacto con el agua. Un concreto mezclado que por accidente o por descuido se haya endurecido no es conveniente utilizarlo en la construcción de elementos estructurales.

Cuando la elaboración del concreto se realiza en una planta, su transportación se efectúa en trompos y con un retardante incluido para evitar su fraguado.

La colocación en obra se realiza en botes, carretillas, bombas, etc. dependiendo del elemento por colar. Al concreto se le pueden agregar retardantes, acelerantes, impermeabilizantes con el fin de aumentar su trabajabilidad, aumentar su rapidez de fraguado o disminuirla.

Antes del vaciado del concreto en los moldes se verificara"que estén impregnados de diesel, para evitar el descascaramiento del concreto al descimbrar los elementos, así como sus niveles, y dimensiones; se checara el acero de refuerzo que este en su sitio, así como también las piezas ancladas, ductos, el equipo y el personal deben de estar preparados antes de empezar el vaciado del concreto.

Cuando el peralte del elemento por colar es grande el vaciado se hace en capas no mayores de 25 cm sin dar tiempo que empiece el fraguado se coloca la siguiente capa se vibra para uniformizar el concreto y elevar la Techada, pero se cuida que no se presente la segregación de los materiales durante el colado.

Ya que empezó el fraguado del concreto se deja reposar, mínimo durante ocho horas, sin transitar sobre su superficie y sin colocarle cargas.

Cuando se reanuda un vaciado en colados interrumpidos, se coloca abundante techada rica en cemento, limpiando antes si es preciso el polvo que hubiera adherido, para tener así una unión satisfactoria.

Para comprobar el revenimiento y la resistencia del concreto se toman muestras durante su elaboración, probándose posteriormente en el laboratorio.

CURADO DEL CONCRETO

Existen varios métodos para el curado del concreto y su finalidad es la de obtener la resistencia de diseño en unas cuantas horas o días. Los métodos más usuales son:

Método por inundación de la superficie.- Consiste en mantener sobre la superficie una pequeña lámina de agua de unos 4 cm de espesor, con el fin de mantener humedad constante sobre los elementos recientemente colados, evitando así que quede descubierta si existe evaporación excesiva.

Método de la membrana.- Se basa en la aplicación de un producto químico disuelto en un solvente adecuado con un atomizador que trabaja mediante presión de aire; sobre la superficie recién colada forma una membrana impermeable que impide la evaporación del agua contenida en el concreto; esto produce un curado satisfactorio, cuando el compuesto está bien aplicado.

Método a base de vapor.- Se utiliza para acelerar el desarrollo de la resistencia del concreto a edad temprana; el curado se efectúa con vapor saturado a la presión atmosférica, se conoce algunas veces como curado a vapor a baja presión o a alta temperatura.

Con este tipo de curado, las cimbras se utilizan en periodos más cortos, aumentando su uso, obteniéndose así economía en costo y tiempo.

El curado a vapor se protege con una cubierta adecuada que retiene el vapor con un mínimo de pérdidas de humedad y calor; la envoltura permite la libre circulación del vapor alrededor y en las partes altas de los elementos de concreto.

Los chifiones de vapor se colocan de tal manera que no descarguen directamente en el concreto, en las cimbras, ni en los cilindros de prueba.

El ciclo de aplicación del vapor se efectúa de la siguiente forma:

Después del colado y antes de aplicar el vapor, se deja al concreto alcanzar su fraguado inicial, con lo que se evita que la elevada temperatura reduzca su resistencia mientras se coloca el concreto en los moldes y se aplica el vapor, se evita el secado de la superficie por medio de las membranas de curado, cubiertas húmedas, o algún otro método.

Posteriormente se aplica el vapor incrementando la temperatura ambiente dentro de la envoltura en forma uniforme aproximadamente cada hora.

La temperatura óptima de curado se alcanza cuando la temperatura esta "entre 65 y 75 grados centígrados.

Los materiales en los acabados tienen que garantizar durabilidad, economía, facilidad para el mantenimiento y buena estética; dependen del uso y destino que se les va a dar, se recomienda utilizar en los acabados materiales existentes en la región con la finalidad de abatir costos.

El edificio terminal es el lugar donde se proporciona servicio a los usuarios del aeropuerto, se busca el confort en función de la calidad del ambiente, manejando texturas y colores en el mobiliario como en los acabados de los pisos, muros y plafones, los espacios del edificio terminal es importante que estén bien iluminados, ventilados y accesibles.

Las áreas de servicio público como el vestíbulo, sala de espera, los despachos de boletos, las áreas para el personal y los depósitos de equipaje y carga deben ser lugares con un decorado que no caiga en inútiles y estridentes contrastes.

Para los muros divisores se puede utilizar el tabique, el concreto, block, tablaroca, madera, materiales plásticos, aluminio y cristal, etc. con un espesor suficiente para alojar conductos eléctricos, telefónicos y otras pequeñas tuberías; en los acabados de los muros se prefieren pinturas lavables plásticas de buena estabilidad y resistencia al uso.

En los pisos, se utilizan materiales resistentes al fuego, al desgaste, de buena apariencia y agradable efecto estético y de ser posible de absorción sonora. En México, se utiliza mucho el mármol por economía y durabilidad al desgaste (aunque no es acústico), en otros países se utiliza la alfombra, las losetas, etc.

En los plafones y losas, se aplican pastas, pinturas plásticas y paneles de material acústico, para amortiguar la transmisión de ruidos.

Es muy importante que los acabados en los edificios se apliquen materiales fonoabsorbentes, tanto en los pisos como en los muros y plafones, ya que con el progreso de nuevas técnicas de construcción y materiales, los muros y los pisos se van reduciendo de espesor, lo que ha favorecido la transmisión de ruido y ha comprometido la tranquilidad de los recintos donde se montan.

CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS

El diseño de los pavimentos para pistas, calles de rodaje y plataformas es básicamente el mismo en sus principios, que el utilizado para el pavimento de estacionamiento, del camino perimetral y camino de acceso, pero existen ciertas diferencias entre ellos.

El diseño y la conservación de los pavimentos de un aeropuerto, son de un interés muy especial, ya que siendo las vías de rodaje de los aviones, se ven sometidos a grandes esfuerzos al paso de los mismos, principalmente en las áreas consideradas como críticas donde el movimiento de las aeronaves es lento y actúan a su carga máxima.

Existen algunos criterios para selección entre pavimentos rígidos y flexibles siendo de gran trascendencia entre ellos los costos y la capacidad estructural, agrupando los siguientes factores:

- Costos
- Financiamiento y seguridad

- Comodidad y futuras expansiones
- Capacidad del terreno de soporte
- Características de los materiales de construcción
- Factores climatológicos predominantes en la región
- La frecuencia del tránsito
- La velocidad de los vehículos
- La capacidad para soportar la repetición y concentración de cargas
- Esfuerzos a que se verá sometido
- Los procedimientos constructivos
- Mantenimiento y su conservación a futuro
- etc.

Es importante señalar que uno solo de los factores mencionados puede influir determinantemente en la decisión; es posible también que el criterio se tome mediante el conjunto de varios de estos factores.

Clasificación de los pavimentos.

Los pavimentos se dividen en general en:

Pavimentos flexibles:

Concreto asfáltico de varias capas

Concreto asfáltico de una capa integral

Pavimentos rígidos:

Concreto hidráulico simple sin refuerzo

Concreto hidráulico con refuerzo en juntas

Concreto hidráulico con refuerzo continuo

Concreto pre-esforzado

Concreto y asfalto combinados verticalmente

Concretos y asfalto combinados horizontalmente

Estos dos tipos de pavimentos difieren, tanto en la forma de distribuir las cargas sobre el terreno de soporte, como en su aspecto constructivo, y en los materiales de construcción que se utilizan.

Los pavimentos rígidos a causa de su módulo de elasticidad alto y por su rigidez, distribuyen la carga sobre una considerable área de suelo, por lo que gran parte de la capacidad estructural del pavimento es proporcionada por la losa de concreto en si misma; por esta razón las variaciones menores en la resistencia del terreno de soporte tienen poca influencia en la capacidad estructural del pavimento rígido.

Por su parte los pavimentos flexibles funcionan con el principio del sistema de capas para obtener la capacidad estructural de soporte donde la capa más resistente y de mayor calidad se encuentra en la superficie decreciendo calidad y resistencia hacia las capas inferiores.

Proceso constructivo de los pavimentos.

Al término de los trabajos preliminares se inicia la construcción y con el proyecto se

definen la línea de referencia y bancos de nivel previamente establecidos, se ratifican trazos y niveles del terreno natural y se comparan con los perfiles, secciones y rasantes del proyecto autorizado.

Verificando lo anterior se realizan los cortes, terraplenes y la subrasante.

COMPACTACIÓN DE LA SUBRASANTE

Como la compactación natural del terreno, se logra en un tiempo relativamente corto mediante el uso de maquinaria se obtiene así además la estabilidad del suelo, mayor capacidad de carga y aumento del valor relativo de soporte.

En ocasiones por economía se reemplaza el material de la subrasante que tiene un bajo valor relativo de soporte por otro de mayor calidad, aumentando su estabilidad y resistencia.

La compactación de un terraplén se ejecuta de la siguiente forma:

Se cubre el área con el material seleccionado, se le agrega agua, cuando el material mezclado presenta un valor cercano a la humedad óptima, se tiende en capas con un espesor igual o menor de 15 cm., con lo que se logra un mejor acomodo del material y la pulverización de terrones; se compacta con el equipo, hasta cumplir con las especificaciones marcadas por el proyecto generalmente de 90% al 95% PROCTOR.

Cuando la capa tendida es aprobada por el laboratorio de campo, el tramo queda listo para recibir la siguiente capa.

PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO O FLEXIBLE

El pavimento de concreto asfáltico lo componen tres capas, cuyo espesor está condicionado al trabajo a que se verán sometidas; la primera capa partiendo de la subrasante es la sub-base, la segunda es la base y la tercera es la carpeta asfáltica.

La sub-base en los pavimentos flexibles tiene como finalidad complementar un cierto espesor requerido por el pavimento, a un costo relativamente bajo, en comparación con las otras capas, de manera que su calidad puede variar dentro de los límites fijados por el proyecto.

La sub-base en este tipo de pavimento se coloca entre la base y la subrasante y sus funciones son:

- Soportar la carga rodante y transmitirla a sub-rasante.
- Proporcionar drenaje adecuado sin alterar las características de los materiales que la integran.
- Dar protección al pavimento contra el congelamiento.

El procedimiento para el tendido de la sub-base es de la siguiente manera.

Se acarrea y se tiran los materiales sobre la subrasante formando camellones a una distancia previamente definida por el espesor de la capa.

Se mezclan estos materiales en seco y se les agrega agua por medio de riego hasta obtener homogeneidad en granulometría y hwnedad, el porcentaje de agua que se agrega va del 10% al 25% en volwnen del peso de los materiales.

Se tiende el material en capas sucesivas, con un espesor no mayor de 15 cm.

La capa extendida se compacta hasta alcanzar el grado de compactación fijada por el proyecto por lo general del 95% al 100% PROCTOR sobreponiendo las capas hasta obtener el espesor y sección especificada.

CONSTRUCCIÓN DE LA BASE

La base es el componente principal, estructuralmente hablando, de un pavimento flexible y es la capa de apoyo de la carpeta asfáltica, se construye con material seleccionado.

La función principal de la base en pavimentos flexibles es:

Transmitir de manera uniforme las cargas concentradas de los vehículos rodantes a las capas inferiores.

Proporcionar drenaje adecuado al pavimento sin alterar sus características.

Controlar los esfuerzos producidos por dilatación y contracción, causados por cambios de temperatura y humedad, evitando así agrietamientos en la superficie.

Los materiales utilizados para la formación de las capas, subrasantes, subbase y base en un aeropuerto, tienen un control de selección más exigente que en las carreteras y los requisitos de compactación son más estrictos. En los aeropuertos desde la capa subrasante la compactación se efectúa con pesos volumétricos altos y a mayor profundidad que en las carreteras, adquiriendo una particular importancia en donde se localizan las áreas críticas de los pavimentos.

El procedimiento de construcción de la base es:

Se verifica que la sub-base esté terminada dentro de la tolerancia fijada por el proyecto.

Se acarrear y se colocan los materiales para la sub-base a una distancia previamente definida por el espesor de la capa que se va a tender.

Se mezclan estos materiales en seco para obtener un material uniforme, extendiendo parcialmente el material y agregando agua hasta obtener homogeneidad en granulometría y humedad óptima.

Se tiende el material en capas con un espesor igual o menor a 15 cm y se compacta hasta alcanzar el grado mínimo de compactación generalmente del 95% al 100% PROCTOR fijada por el proyecto, sobreponiendo capas hasta obtener el espesor y sección requerida.

Se dan riegos superficiales de agua, durante el tiempo que dure la compactación, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

En las tangentes, la compactación se inicia de las orillas hacia el centro y en la curva del interior de la curva hacia la parte exterior.

Cuando se trata de un pavimento flexible, la base terminada y superficialmente seca, se barre para eliminar el polvo, antes de aplicar el riego de impregnación, que la protegerá de filtraciones de agua que pudieran alterar su grado de compactación.

/

CARPETA ASFÁLTICA

Las características más importantes de una carpeta asfáltica son:

- Proporcionar resistencia para que las cargas aplicadas sobre su superficie no provoquen deformaciones perjudiciales en las capas inferiores.
- Transmitir las cargas a las capas de apoyo.
- Tener resistencia al desgaste y al intemperismo.
- Ser impermeable para que el agua pluvial no penetre a las capas inferiores y las destruya.
- Proporcionar una superficie antiderrapante y sin aspereza evitando el acuaplaneo y el desgaste excesivo de los neumáticos de los aviones.

Con la sub-base y base construidas a continuación se describe en forma muy general la construcción de la carpeta asfáltica.

Después de verificar el alineamiento, el perfil, las secciones, las pendientes, el espesor, la compactación y el acabado de la superficie de la base, se procede a barrer la superficie de esta con barredoras, cuya finalidad es eliminar el polvo suelto y materias extrañas; se cuida el nivel de la superficie tenga como tolerancia ± 1 cm para evitar encharcamiento por acumulación de asfalto excesivo.

Posteriormente al barrido se aplica un riego de impregnación cuya función es impermeabilizar y dar afinidad y adherencia entre la base y la carpeta asfáltica; para aplicar este riego se pueden utilizar emulsiones asfálticas que se distribuyen con petrolizadoras de tracción mecánica, que cuentan además con equipo de calentamiento y bombas a presión, con lo cual se obtiene distribución uniforme a una temperatura óptima.

La elección del tipo de asfalto más adecuado para este riego, depende principalmente en la viscosidad del mismo y de la textura de la base.

Posteriormente se permite que fluya el riego de impregnación durante 48 hrs mínimo, después de lo cual se procede a barrer nuevamente la base y se aplica un riego de liga con productos asfálticos de fraguado rápido sobre toda la superficie que se pretende cubrir con la carpeta asfáltica evitando también tener exceso de asfalto en su aplicación.

Inmediatamente después de aplicar el riego de liga se procede a tender la carpeta asfáltica, que consiste en una mezcla elaborada con materiales pétreos, arena, grava y asfalto cuyo mezclado se elabora en una planta de concreto asfáltico.

El tendido de la mezcla lo ejecutan máquinas autopropulsadas, con capacidad para ajustar el ancho y el espesor de manera uniforme, ajustada a la velocidad de la máquina, la cual recibe el material de los camiones de volteo mediante una tolva.

La mezcla se utiliza en aeropuertos, se elabora en planta y se coloca a una temperatura de 120 a 130 grados C su transportación es en vehículos con caja metálica, cubiertos con una lona para preservar la mezcla del polvo y conservar la temperatura de la misma durante el trayecto.

La mezcla asfáltica se coloca en capas uniformes, que se irán compactando con rodillo, cuidando tenga una temperatura de 100 a 110 grados C temperatura considerada como óptima para obtener una carpeta de alta calidad.

Una vez tendida la mezcla se dará una compactación inicial con rodillos metálicos de 8 a 10 ton. de peso y la compactación final se logrará con planchas de rodillos lisos de 10 ton o más y con rodillos neumáticos de 8 ton o más, esta última fase de compactación, debe obtenerse el mismo día del tendido de la mezcla.

Una vez terminada la carpeta asfáltica, el laboratorio detennina su grado de perméabilidad y su compactación si se encuentran dentro de las especificaciones del proyecto, no se requiere ninguna protección adicional en la carpeta, en caso contrario el laboratorio indicara "algún riego especial a base de morteros asfálticos que permitan el sellado de la carpeta.

CONSTRUCCIÓN DEL PAVIMIENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO

El pavimento rígido o de concreto hidráulico, esta formado por dos capas, la sub-base que sirve de apoyo y una losa de concreto hidráulico con o sin acero de refuerzo; el acero no disminuye el peralte de la losa, aunque puede aumentar las dimensiones de las mismas, con una menor cantidad de juntas constructivas.

Los esfuerzos en estos pavimentos, se presentan por cargas externas repetitivas por cambios cíclicos de temperatura, por contracciones, por expansiones, por alabeo, por cambios en el contenido de humedad y por cambios volumétricos de la subrasante y la subbase.

Se construye en áreas que se consideran como críticas que son aquellas donde se presentan las mayores deformaciones del pavimento y donde el avión tiene carga máxima, esto sucede en las plataformas, calles de rodaje y cabeceras de las pistas.

Los pavimentos de concreto por su módulo de elasticidad y su rigidez tienden a distribuir la carga sobre una considerable área del suelo, por lo que gran parte de la capacidad estructural del pavimento es proporcionada por la losa de concreto, por esta razón las variaciones menores en la resistencia del terreno de soporte tienen poca influencia en la capacidad estructural del pavimento rígido.

Construcción de la sub-base.

La sub-base se construye con materiales estables de bancos de préstamos seleccionados previamente, esta capa sirve de apoyo a las losas de concreto y tiene como funciones principales las siguientes:

- Contrarrestar la acción de las heladas.
- Drenar eficazmente el agua que penetra, sin alterar sus características de diseño.
- Soportar las cargas que le transmite la losa.

Contrarrestar los cambios volumétricos de la capa subrasante y los efectos de alabeo.

Construcción del pavimento hidráulico.

El procedimiento constructivo más usual es el siguiente:

Cuando la subbase ha sido terminada se rectifica y protege con un riego de impregnación de tipo asfáltico, para prevenirla de los efectos del agua; se marcan las cotas de la rasante para colocar los carriles guía y los moldes metálicos perfectamente alineados, nivelados y fijos; mismos que previamente se han engrasado para evitar el decascaramiento del concreto durante el descimbrado.

Cuando el pavimento diseñado lo indique se coloca el acero de refuerzo o malla de acero limpio, sin escamas, libre de óxido, grasas y aceites.

Construcción de juntas.

Las juntas que se construyen en las losas de los pavimentos de concreto, evitan que las grietas aparezcan en forma desordenada a lo largo y ancho de las mismas. Se cuida que queden perfectamente selladas e impermeables para evitar la penetración de materias extrañas, y las filtraciones de agua que provocan fallas por socavación de la base.

Cuando las juntas están bien situadas y perfectamente construidas reducen los esfuerzos que se producen en las losas por cambios volumétricos, expansión o contracción del concreto, además facilita la transmisión de cargas de una losa a otra, reduce los alabeos y facilita la construcción entre losas, al unir el concreto de lajorada anterior a la del día siguiente.

Las juntas constructivas se clasifican de acuerdo a su función o posición que guardan en el anterior de las losas, así se tienen: juntas longitudinales, transversales, de contracción, de expansión, de articulación, de construcción, etc.

A continuación se cita el método más común en aeropuertos para formar las juntas constructivas, aunque existen otros que se utilizan dependiendo de las necesidades de las obras o de las ventajas que pudieran ofrecer por su economía, facilidad en su construcción, etc.

Junta constructiva por medio de aserrado.

Este tipo de junta se preparan antes que el concreto comience a endurecer y cuando ya se tiene suficiente consistencia para que no se desgrane con la sierra.

El tiempo preciso para iniciar el aserrado, se determina mediante pruebas experimentales en campo, con una sierra circular. El inicio del aserrado se detecta cuando el corte provoca sólo un ligero desmoronamiento en el concreto, si el corte no provoca ningún desprendimiento, es señal que el concreto se ha endurecido demasiado y podrían formarse grietas adelante de la sierra.

Las juntas aserradas se sellan inmediatamente después del corte, limpiándolas con un chiflón de aire que elimina el polvo y la basura que quedan atrapados, lo cual provocaría fallas al expanderse la losa.

Para el sellado se utiliza un material elástico, resistente al ataque de los aceites, combustibles de aviones, rayos infrarrojos, lluvias y cambios de temperatura.

Pavimento mixto o combinado.

Otra forma de construir un pavimento, es aquella en la cual se aprovechan las cualidades de los pavimentos rígidos y flexibles, esta combinación puede hacerse vertical y horizontalmente, lo que nos da como resultado un pavimento mixto.

La ventaja principal de este pavimento radica en su economía ya que la carpeta asfáltica cubre la mayor área y las losas de concreto la menor.

Pavimentos de concreto pre-esforzado.

En algunos aeropuertos se ha probado el uso de concreto preesforzado en los pavimentos, tratando de tener así mayores ventajas. que las logradas con los pavimentos de

concreto convencionales; en pruebas efectuadas se ha visto, que el concreto presforzado: reduce el número de juntas, reduce los agrietamientos y disminuye el volumen de concreto utilizado, su uso es aún limitado debido al costo de construcción, que es mayor que el del pavimento de uso convencional.

DRENAJE DEL AEROPUERTO

El buen funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones y servicios complementarios son sumamente importantes para la óptima operación de los sistemas de un aeropuerto, así como en sus costos de conservación. por ejemplo un aeropuerto con un deficiente sistema de drenaje, al encontrarse bajo los efectos y acción del agua, sufrirá fallas lamentables al cabo de cierto tiempo; por eso es importante señalar la importancia del drenaje en un aeropuerto.

Los sistemas para recolectar el agua superficial subterránea lo componen drenajes combinados o separados.

El drenaje superficial, abarca toda el área del aeropuerto, el subsuelo adyacente a las pistas, plataformas, calles de rodaje, zonas de seguridad, etc.

El agua que escurre se busca que drene libremente con un drenaje adecuado tanto superficialmente como subterráneo canalizando los escurrimientos. La eliminación de los escurrimientos superficiales y del subsuelo debe ser eficiente en todo el conjunto portuario y es por ello que se pone especial cuidado en el diseño de pendientes adecuadas, con lo que se obtendrán superficies drenadas en forma satisfactoria,

DRENAJE PLUVIAL

Para proyectar el drenaje pluvial del aeropuerto es necesario contar con los siguientes elementos:

- Plano de perfiles y secciones transversales a lo largo del eje de las pistas, calles de rodaje, plataforma, etc.
- Datos de precipitación pluvial en la zona y condiciones climatológicas.
- Estudio de las características de los materiales que forman el subsuelo.

Cuando la zona donde se ubica el aeropuerto es de alta frecuencia pluvial, se busca que el agua superficial sea desalojada rápidamente, tomando en cuenta que existen zonas que el agua pluvial no debe inundar como son las pistas, calles de rodaje, plataformas y el estacionamiento; zonas que si se inundan, dificultan el tránsito aéreo del aeropuerto, habiendo además otras zonas en las que el agua puede ser contenida parcialmente sin causar problemas, como son las áreas comprendidas entre pistas.

Para calcular los escurrimientos y diseñar los drenajes se pueden utilizar alguno de los métodos que se mencionan a continuación:

- Método racional.
- Método analítico.
- Método de sección pendiente.

Método racional.

Consiste en la determinación del gasto, basándose en ciertas suposiciones que no pueden comprobarse fácilmente, se basa principalmente en la precipitación e intensidad de la lluvia, en la pendiente, el grado de permeabilidad y formación del terreno etc.

Cuando se usa la fórmula racional se supone que la máxima variación del gasto correspondiente a una lluvia de cierta intensidad sobre el área, es producida por la lluvia que se mantiene por un tiempo igual al que tarda el gasto máximo en llegar al punto de observación considerado.

La fórmula racional se expresa comunmente en los siguientes términos:

$$Q = CIA$$

Donde: Q = Gasto máximo probable en m³/seg

C = Coeficiente máximo de escurrimiento, que depende de las características de la cuenca, es adimensional.

I = Intensidad de la lluvia se expresa en cm/hr

A = Área de la cuenca expresada en Km².

La fórmula es llamada racional, porque las unidades de las variables que intervienen, aunque aproximados, tienen consistencia numérica.

Método de armco.

Este método ha sido aplicado y experimentado con muy buenos resultados para calcular el escurrimiento superficial de los aeropuertos.

$$Q = \frac{AIR}{36F}$$

Donde: Q = Gasto en m^3 /seg de escurrimiento del área A

A = Área a drenar en hectáreas

I = Factor de impermeabilidad o de escurrimiento superficial.

R = Precipitación pluvial en cm/hr medido en una hora

f = Factor de compensación por pendiente

$f = 3$ para pendientes de 0.5% o menos

$f = 2.5$ para pendientes de 0.5% a 1%

$f = 2$ pendiente mayor de 1 %

Método de sección y pendiente.

Este procedimiento se usa para calcular el gasto máximo de las avenidas y se utiliza en aquellos casos, que sin tener información hidrométrica, se tiene conocimiento del paso de una avenida de grandes proporciones, ocurrida años atrás y que en algunos lugares del cauce, se puedan percibir las huellas del nivel máximo del agua.

Para lo cual en un tramo del cauce se eligen las secciones y se toman datos de campo determinando la pendiente y el coeficiente de rugosidad; se obtiene la velocidad en una de las secciones por medio de la fórmula de Manning.

$$V = 1 r^{2/3} s^{1/2}$$

Para calcular el valor del gasto se determinan previamente los valores del área hidráulica, perímetro mojado y radio hidráulico para sección transversal, aplicando así la siguiente fórmula:

$$Q = A r^{2/3} s^{1/2}$$

Donde: **Q** = Gasto o caudal en m³/seg.

A = Área hidráulica

n = Coeficiente de rugosidad del terreno

r = Radio hidráulica en más $(r = \frac{A}{P})$

p = perímetro mojado

s = Pendiente media

Debido a la diferencia entre los métodos descritos con relación a la cantidad de agua que debe ser desalojada, según se emplee uno u otro de los métodos señalados, la experiencia local y un buen criterio deben ser siempre aspectos importantes en la toma de decisiones.

Cuando el sitio donde se ubica el aeropuerto está formado por suelos de alta permeabilidad o autodrenantes, se evita un sistema extenso de drenaje superficial. Si por el contrario el suelo es impenetrable y las filtraciones del agua superficial son despreciables, se requiere entonces de un sistema que drene satisfactoriamente el volumen de agua que se haya estimado.

El agua superficial de las pistas, se encausa hacia los colectores por medio de una pendiente transversal no mayor del 2% con lo que se evita que el agua erosione la superficie de rodamiento origine fallas y por consecuencia la interrupción del tránsito.

CONSTRUCCIÓN DEL SUB-DRENAJE

Para captar el agua subterránea se pueden construir sub-drenes interceptores, con lo que se drenan las capas saturadas y se controla el contenido de agua en las terracerías, bases y sub-bases del pavimento.

Los drenes longitudinales se colocan paralelas a la pista y al borde, son zanjas de profundidad adecuada rellenas de material permeable en cuyo fondo se coloca un tubo perforado para desalojar el agua, su misión es captar y facilitar la salida de las aguas que se filtran, por los acotamientos de los terrenos vecinos o por nivel freático.

En la construcción de los drenes interceptores se busca una captación rápida y eficiente, lo más directa posible con lo que se evitan longitudes excesivas y diámetro de tubos inadecuados.

DRENAJE SANITARIO E INDUSTRIAL

El drenaje sanitario desaloja las aguas negras vertidas de los edificios y el drenaje industrial evacúa las aguas de deshecho de las zonas de combustibles y hangares, las cuales antes de conducirlas al exterior del aeropuerto reciben un tratamiento para evitar contaminación de otras corrientes o eliminar el peligro en el sitio donde se descarguen.

CAPITULO IX.- ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE UN AEROPUERTO

El drenaje sanitario recoge y desaloja las aguas negras generadas en la instalación de los edificios del aeropuerto, este sistema lo integran una serie de atarjeas y colectores que descargan sus aguas en fosas sépticas de tipo convencional o en la red municipal.

Si esta agua residual se descarga a una fosa séptica después de pasar por ella se envía a un campo de oxidación para su depurado o a una cisterna para su rehuso en riego de jardines o bien llevarla al colector que las envía al exterior dáaeropuerto.

El agua de deshecho industrial, producto de la zona de combustible y hangares, son también recogidas por colectores que las envían, de acuerdo a las substancias que contienen a una planta de tratamiento o directamente al colector principal.

El tratamiento de las aguas negras e industriales se pueden hacer por neutralización, tratamientos primarios y en algunos casos llegar hasta una etapa avanzada para eliminar los productos químicos.

La finalidad primordial es eliminar los componentes dañinos y contaminantes del agua a fin de hacerla menos agresiva y peligrosa. Un tratamiento eficaz hará menos peligroso el desecho de estas aguas, al desalojarlas del aeropuerto.

IX.- CONCLUSIONES

Un aeropuerto como vía de comunicación debe estar planeado de tal forma que la mancha urbana no lo alcance, ya que se pondrían en riesgo las instalaciones del propio aeropuerto, los aviones, los usuarios, el personal de tierra que elabora y sobre todo a los habitantes que vivan alrededor del aeropuerto.

Las vías de comunicación hacia el aeropuerto deben ser rápidas contando con todos los señalamientos necesarios.

Las instalaciones deben contar con grandes espacios que no obstruyan la circulación de los usuarios, con colores vistosos, materiales resistentes, salas de espera cómodas, sistemas de información eficiente, personal de tierra bien identificado, y calificado la documentación del usuario debe ser ágil y rápida, así mismo, debe contar con sistemas antiterrorismo, con unidades de rescate de alta tecnología con un sistema de seguridad que garantice la integridad del usuario, así como las instalaciones del aeropuerto, minimizando los tiempos dentro del aeropuerto, etc.

Para poder estar entre los mejores del mundo y nos garantice ser competitivos en este rubro, se tienen que implementar sistemas con procedimientos de calidad en el servicio. Cabe hacer mención que la calidad no compite, se es bueno ó se es malo.

En el próximo siglo se esperan grandes retos, los cuales tienen que ser afrontados con una ingeniería de alto nivel, con ingenieros decididos a solucionar los problemas que se presenten para el beneficio del país.

El ingeniero del próximo siglo debe tener una visión amplia con los conocimientos necesarios, con una capacidad de razonar los problemas y dar respuestas oportunas y aceptables.

La planeación y construcción de un aeropuerto es un tema amplio donde intervienen diferentes ramas de la ingeniería como son: geotecnia, topografía, impacto ambiental, planeación, construcción, ingeniería financiera, sistemas de transporte, etc., de lo cual solo tocamos puntos estratégicos en esta tesis.

Se tienen que tomar en cuenta para la construcción del aeropuerto los nuevos materiales que vayan surgiendo, ya que esto nos dará economía, resistencia y nuevos procedimientos de construcción y *optimización de tiempos*.

- **EL GRAN RETO DEL INGENIERO ES: LOGRAR LA CALIDAD.**
- **ES LOGRAR UNA INGENIERIA DE PUNTA RECONOCIDA A NIVEL TANTO NACIONAL COMO INTERNACIONAL.**
- **SER MEJOR CADA DIA.**

Curso de Ingeniería en Aeropuertos
Palacio de Minería

Curso de Aeropuertos F. I
Ing. Jorge de la madrid virgen

Aerodromos
Diferentes Tomos

Curso de Impacto Ambiental F.I
Ing. Cesar Valdes

Hidraulica de Canales
Ing. Sotelo

Mecanica de Suelos
Juarez badillo

Cursos de Construcción F.I
Ing. Miguel Morayta Martinez