

01121  
3



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Adscrita a la Dirección General  
UNAM a fin de dar en formato digital  
contenido de sus libros

NOMBRE: Aguirre  
Muñoz Omar

FECHA: 13 Agosto 2003

FIRMA: [Firma]

## "OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE AEROPUERTOS"

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**I N G E N I E R O C I V I L**

P R E S E N T A :

**OMAR AGUIRRE MUÑOZ**

ASESOR: ING. FEDERICO DOVALI RAMOS



JULIO 2003

A

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCGTG/SEAC/UTIT/114/01

Señor  
**OMAR AGUIRRE MUÑOZ**  
Presente

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

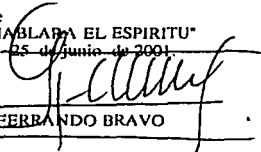
**"OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE AEROPUERTOS"**

- I. INTRODUCCION
- II. OBJETIVOS Y TIPOS DE PLANEACIÓN: APLICACIONES EN AEROPUERTOS
- III. OPERACIÓN DE AEROPUERTOS
- IV. MANTENIMIENTO DE AEROPUERTOS
- V. MANTENIMIENTO CIVIL
- VI. OTROS TIPOS DE MANTENIMIENTO
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- BIBLIOGRAFÍA

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 25 de junio de 2001  
EL DIRECTOR

  
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/Instg.

***DEDICATORIAS:***

*A mis padres:*

*Adela Muñoz  
Antonio Aguirre*

*A mis hermanas:*

*Virginia y Lourdes*

*A mis hermanos:*

*Antonio y Adán*

*A Juan Muñoz (qepd)*

*A Karla*

*A mis amigos*

***AGRADECIMIENTOS:***

***A la Universidad Nacional Autónoma de México***

***A la Facultad de Ingeniería***

***A todos los maestros que ayudaron en mi formación***

## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	6
General.....	6
Particulares.....	6
JUSTIFICACIÓN.....	7
<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>8</b>
<b>1. OBJETIVOS Y TIPOS DE PLANEACIÓN: APLICACIONES EN AEROPUERTOS.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 Objetivos y Tipos de Planeación.....</b>	<b>8</b>
1.1.1 Antecedentes.....	8
1.1.2 Metas, Objetivos y Tipos de Planeación.....	8
1.1.2.1 Planeación Comprensiva.....	9
1.1.2.2 Planeación Racional.....	11
1.1.2.3 Planeación Retrospectiva.....	12
1.1.2.4 Incrementalismo Disjunto y Planeación Circunspectiva.....	13
1.1.2.5 Planeación Normativa.....	14
1.1.2.6 Planeación Estratégica.....	16
<b>1.2 Planeación Aplicada a Aeropuertos.....</b>	<b>17</b>
1.2.1 Planeación de Aeropuertos.....	17
1.2.2 Plan Maestro de un Aeropuerto.....	19
1.2.2.1 Definición.....	19
1.2.2.2 Objetivos.....	19
1.2.2.3 Contenido.....	20
1.2.2.4 Coordinación.....	20
1.2.2.5 Recopilación de Datos.....	21
1.2.2.6 Análisis sobre Capacidad y Demora.....	21
1.2.2.7 Necesidad de Instalaciones y Servicios.....	21
1.2.2.8 Impacto Ambiental.....	22
1.2.3 Clasificación de Aeropuertos.....	22
1.2.4 Tipos de Aeropuertos.....	24
1.2.5 Proyecto.....	25
1.2.5.1 Situación del Aeropuerto con Respecto al Centro Urbano.....	26
1.2.5.2 Condiciones Meteorológicas.....	26
1.2.5.3 Economía en la Construcción.....	27
1.2.5.4 Consideraciones Finales.....	27
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>28</b>
<b>2. OPERACIÓN DE AEROPUERTOS.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1 Objetivos.....</b>	<b>28</b>
2.1.1 Organismos Supervisores.....	29
2.1.2 Control de Operaciones.....	29
2.1.3 Auxiliares para la Navegación y Señales.....	31
2.1.4 Señales.....	35
<b>2.2 Áreas de Operación.....</b>	<b>36</b>
<b>2.3 Medidas de Eficiencia.....</b>	<b>37</b>
2.3.1 Capacidad, Demanda y Demora.....	37
2.3.1.1 Capacidad.....	37
2.3.1.2 Demora.....	38
2.3.1.3 Demanda.....	38
2.3.2 Generalidades del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM).....	38

2.3.3	Análisis de la Demanda.....	39
2.3.4	Análisis de la Capacidad.....	41
2.3.5	Normas que inciden en el diseño de ubicación de las pistas para operaciones alternas y simultáneas.....	44
2.3.6	Factores que Afectan la Operación Aeroportuaria.....	45
2.3.6.1	Características de la Zona Aeronáutica.....	45
2.3.6.2	Características del Espacio Aéreo.....	46
2.3.6.3	El Control del Tránsito Aéreo (CTA).....	46
2.3.6.4	Condiciones Meteorológicas.....	47
2.3.6.5	Características de la Demanda.....	47
<b>CAPITULO 3 .....</b>		<b>49</b>
<b>3.</b>	<b>MANTENIMIENTO DE AEROPUERTOS.....</b>	<b>49</b>
3.1	Objetivos.....	49
3.1.1	Definición de Mantenimiento.....	49
3.1.2	Necesidad del Mantenimiento.....	50
3.2	Tipos de Mantenimiento.....	51
3.2.1	Mantenimiento Preventivo.....	52
3.2.2	Mantenimiento Correctivo.....	52
3.2.3	Mantenimiento Emergente.....	53
3.3	Programación.....	53
3.3.1	Planeación del Trabajo.....	54
3.3.2	Tiempo Promedio para Trabajos de Mantenimiento.....	54
3.3.3	Determinación de la Prioridad del Trabajo.....	55
3.3.4	Métodos y Medición del Trabajo.....	56
3.3.5	Papeles de Trabajo.....	57
3.3.6	Responsabilidades en el Mantenimiento.....	57
3.3.7	Costos Estimados de Mantenimiento.....	58
3.4	Asignación de Recursos.....	59
3.5	Efectos en los Proyectos.....	60
3.5.1	Factores que Afectan el Mantenimiento.....	60
<b>CAPITULO 4 .....</b>		<b>61</b>
<b>4.</b>	<b>MANTENIMIENTO CIVIL.....</b>	<b>61</b>
4.1	Pavimentos.....	61
4.1.1	Tipos de Pavimentos.....	62
4.1.2	Pavimentos para Aeropuertos.....	63
4.1.3	Importancia del Mantenimiento de Pavimentos.....	65
4.1.4	Factores que Influyen en el Deterioro de Pistas.....	67
4.1.4.1	La Fricción Superficial de las Pistas.....	67
4.1.4.2	Temperatura.....	71
4.1.4.3	Hundimientos Diferenciales.....	72
4.1.4.4	Infiltración de Agua Superficial.....	73
4.1.4.5	Repetición de Cargas.....	73
4.1.5	Pruebas de Pavimentos.....	74
4.1.6	Descripción de Fallas en Pavimentos Flexibles.....	76
4.1.6.1	Mantenimiento Preventivo en Pavimentos Flexibles.....	79
4.1.6.2	Mantenimiento Correctivo en Pavimentos Flexibles.....	80
4.1.6.3	Tabla de Recomendaciones para Pavimentos Flexibles.....	82
4.1.7	Descripción de Fallas en Pavimentos Rígidos.....	83
4.1.7.1	Mantenimiento Preventivo de Pavimentos Rígidos.....	88

4.1.7.2	Mantenimiento Correctivo de Pavimentos Rígidos.....	90
4.1.7.3	Tabla de Recomendaciones para Pavimentos Rígidos.....	91
<b>4.2</b>	<b>Drenaje.....</b>	<b>92</b>
4.2.1	Mantenimiento de las Obras de Drenaje.....	93
<b>4.3</b>	<b>Franjas.....</b>	<b>94</b>
<b>4.4</b>	<b>Edificios.....</b>	<b>94</b>
4.4.1	Consideraciones sobre la Cimentación.....	101
4.4.2	Inspección de la Cimentación.....	104
4.4.3	Estructura.....	105
<b>4.5</b>	<b>Jardinería.....</b>	<b>110</b>
<b>CAPITULO 5.....</b>		<b>112</b>
<b>5.</b>	<b>OTROS TIPOS DE MANTENIMIENTO.....</b>	<b>112</b>
5.1	Eléctrico.....	112
5.1.1	Ayudas Visuales Luminosas, Iluminación en General e Instalación Eléctrica.....	112
5.1.1.1	Mantenimiento Eléctrico y de Ayudas Visuales.....	112
5.1.1.2	Acometida Eléctrica.....	114
5.1.1.3	Subestación Eléctrica General.....	114
5.1.1.4	Interruptores de Alta Tensión.....	115
5.1.1.5	Transformadores de Distribución.....	115
5.1.1.6	Subestación de Ayudas Visuales.....	115
5.1.1.7	Planta de Emergencia.....	116
5.1.1.8	Subestaciones Diversas.....	116
5.1.1.9	Ayudas Visuales Luminosas.....	117
5.1.1.10	Sistema de control de ayudas visuales (consola).....	122
5.1.1.11	Alumbrado de Plataforma de Maniobras.....	123
5.1.1.12	Alumbrado de Estacionamiento de Vehículos y Calles de Acceso.....	123
5.1.1.13	Contactos de Plataforma.....	123
5.2	Mecánico.....	123
5.2.1	Disponibilidad de Refacciones.....	124
5.2.2	Manuales de Taller.....	124
5.2.3	Organización del Mantenimiento Mecánico Preventivo.....	125
5.2.4	Averías de Maquinas y Mecanismos.....	125
5.3	Electrónico.....	126
5.3.1	Localización de fallas.....	128
5.3.1.1	Técnicas de Localización, Aislamiento y Ubicación.....	129
5.3.1.2	Aislamiento a un circuito.....	130
5.3.1.3	Equipos de Prueba y Mediciones.....	130
5.4	Automotriz.....	131
5.4.1	Programa de Mantenimiento Automotriz.....	131
5.4.2	Servicio Automotriz.....	132
5.4.2.1	Automotores Diesel.....	133
<b>CAPÍTULO 6.....</b>		<b>136</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>136</b>
	BIBLIOGRAFÍA.....	139



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Metodología de la planeación comprensiva.....	10
Figura 2 Metodología de la planeación racional.....	12
Figura 3 Metodología de la planeación normativa.....	15
Figura 4 Metodología de la planeación estratégica.....	17
Figura 5 Características físicas de un avión.....	24
Figura 6 Torre de control del aeropuerto de Arlanda Suecia.....	30
Figura 7 Pantalla PDI.....	32
Figura 8 Sistema de aterrizaje por instrumentos.....	33
Figura 9 Escenarios de crecimiento de Tráfico aéreo para el AICM.....	40
Figura 10 Nuevo Airbus 380 con capacidad para mas de 600 pasajeros.....	41
Figura 11 Situación actual de las pistas del AICM.....	42
Figura 12 Separación mínima entre pistas paralelas establecida por la "FAA".....	43
Figura 13 Separación mínima entre tres pistas establecida por la "FAA".....	44
Figura 14 Funciones y objetivos del mantenimiento.....	49
Figura 15 Pista de pavimento rígido.....	62
Figura 16 Capas que forman un pavimento flexible.....	62
Figura 17 Capas que forman un pavimento rígido.....	63
Figura 18 Perfilógrafo longitudinal.....	68
Figura 19 Deflectómetro HWD (modelo Dynatest 8081).....	75
Figura 20 Agrietamiento de carpeta en forma de piel de cocodrilo.....	76
Figura 21 Agrietamiento longitudinal sobre pavimento flexible.....	77
Figura 22 Bache sobre carpeta de pavimento flexible.....	77
Figura 23 Calavereo en la superficie de rodamiento.....	78
Figura 24 Ruptura en juntas.....	84
Figura 25 Agrietamiento o durabilidad.....	84
Figura 26 Fenómeno de bombeo sobre pavimento rígido.....	85
Figura 27 Descascarado en las orillas de un pavimento rígido.....	85
Figura 28 Agrietamiento transversal.....	86
Figura 29 Grieta diagonal sobre losa de concreto.....	86
Figura 30 Agrietamiento transversal y longitudinal.....	87
Figura 31 Falla estructural en losa.....	87
Figura 32 Zapata aislada.....	102
Figura 33 Losa Continua.....	102
Figura 34 Zapata Corrida.....	102
Figura 35 Pilote de Fricción y de Punta.....	103
Figura 36 Agrietamiento en la unión de dos materiales.....	106

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Claves de referencia aeródromo OA CI.....	23
Tabla 2 Resumen de Recomendaciones para Pavimentos Flexibles.....	82
Tabla 3 Resumen de Recomendaciones para Pavimentos Rígidos.....	91
Tabla 4 Ejemplo de un tipo de reporte de inspección del estado de conservación de inmuebles.....	97
Tabla 5 Última hoja del reporte de inspección.....	100
Tabla 6 Ejemplo de un tipo de reporte del estado de las azoteas.....	108
Tabla 7 Etapas para mantenimiento automotriz.....	132

## INTRODUCCIÓN.

Un aeropuerto es un complejo y delicado sistema, donde múltiples factores influyen en su funcionamiento, la ubicación del mismo, el tipo de suelo, el espacio disponible, el tránsito aéreo, posibilidad de crecimiento, factores sociales, políticos y el impacto económico juegan un papel preponderante para su operación eficiente y mantenimiento adecuado.

A través del tiempo, con el crecimiento de las grandes ciudades, el avance de la tecnología y el crecimiento del tránsito aéreo es inevitable pensar en ampliaciones próximas, así como la modernización de la infraestructura existente con la finalidad de satisfacer la demanda en incremento favorecida por el avance de la tecnología, también es importante prever la congestión de un aeropuerto que coadyuve al déficit de servicio de la demanda existente o futura.

En casos más graves es apremiante pensar en el cambio de ubicación de un aeropuerto cuando este llega al tope del número de operaciones y ya no cuenta con facilidades para cumplir con los requerimientos necesarios y poder funcionar y operar de manera eficiente.

Debido a que actualmente se cuenta con modernos sistemas de control electrónico y simuladores de vuelo computarizados, entre otros. Se han alcanzado importantes niveles de seguridad y confianza, por lo que actualmente la seguridad sigue siendo un factor muy importante en todos los aeropuertos del mundo y gracias al avance de la tecnología las fallas y accidentes se han reducido a un mínimo. Por todo lo anterior los aeropuertos deben estar en óptimas condiciones de servicio.

El capítulo 1 hace una referencia histórica de la planeación y sus principales corrientes para llegar finalmente a la planeación de aeropuertos y el Plan Maestro del mismo. En el capítulo 2 se describen los principales elementos de la operación de aeropuertos como son definiciones básicas y componentes, se ejemplifica por medio de un breve análisis la situación actual del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) describiendo su principal problemática operacional y las necesidades futuras que sin duda tarde o temprano tendrán que realizarse. En el capítulo 3 se describe el concepto de mantenimiento de aeropuertos, tipos de mantenimiento y la programación que debe realizarse para tener un adecuado programa de mantenimiento en toda la infraestructura aeroportuaria.

El capítulo 4 muestra y describe detalladamente el mantenimiento civil a realizar en un aeropuerto, con énfasis en el área de pavimentos, los principales aspectos en el

deterioro de los mismos, las principales fallas a considerar y los métodos más comunes para repararlos en México, pasando después a la supervisión y mantenimiento de obras de drenaje, edificios, franjas y jardinería.

En el capítulo 5 se describen las principales tareas a seguir en los tipos de mantenimiento eléctrico, electrónico, automotriz y mecánico que tienen que realizarse en un aeropuerto.

Por último se plantean una serie de conclusiones y recomendaciones sobre la operación y mantenimiento de aeropuertos, reflexiones y aspectos a considerar.

La metodología usada en esta tesis, fue definiendo conceptos fundamentales en la ingeniería de aeropuertos en las áreas de operación y mantenimiento así como mostrar problemas actuales y sus posibles soluciones.

## **OBJETIVOS.**

### **General.**

El objetivo de esta tesis es mostrar un documento actualizado que reúna dos partes fundamentales para el funcionamiento eficiente de un aeropuerto desde el punto de vista de la ingeniería civil como lo es la "operación" y el "mantenimiento".

### **Particulares.**

- Desarrollar un compendio con los aspectos trascendentales en lo relativo al funcionamiento eficiente de un aeropuerto.
- Resaltar la importancia de la ingeniería civil en las etapas de operación y mantenimiento en un aeropuerto.
- Proporcionar un documento informativo.

## **JUSTIFICACIÓN.**

En la actualidad es de suma importancia para ingenieros contar con guías y documentos actualizados para realizar sus labores adecuadamente, y los aeropuertos no son la excepción.

Este trabajo esta dirigido a alumnos, ingenieros y todas aquellas personas que estén interesadas en conocer los aspectos fundamentales de estas dos áreas (operación y mantenimiento) en este caso aplicado a aeropuertos, sin olvidar que para realizar dichas labores es necesario contar con grupos interdisciplinarios de profesionistas.

## **CAPITULO 1**

### **1. OBJETIVOS Y TIPOS DE PLANEACIÓN: APLICACIONES EN AEROPUERTOS.**

#### **1.1 Objetivos y Tipos de Planeación.**

##### **1.1.1 Antecedentes.**

En el mundo occidental, la planeación es un área de trabajo reciente; en cambio, en los países socialistas cuenta ya con una vieja tradición que de hecho se confunde con el sistema mismo, pues constituye su forma básica de administración, la cual ha sido ampliamente criticada desde la perspectiva de una economía libre, esto es, de libre competencia.

A favor de una nueva posición –en la que planear deja de ser un sinónimo de totalitarismo o comunismo- se han dado entre otros los siguientes argumentos: la presencia de un acelerado cambio necesario de prever y orientar, el surgimiento de problemas cada vez más complejos que demandan una acción de conjunto, la diversificación de las funciones públicas, la mayor exigencia social respecto a la eficiencia y eficacia de la dirección, etc.

En la actualidad, coexisten diferentes concepciones y enfoques que cuentan con un mayor o menor grado de madurez y aceptación, cada uno con sus pros y sus contras y con muchos aspectos por mejorar o desarrollar todavía; esta situación, para muchos confusa, hace hablar de una crisis en la planeación. Esto puede ser reflejo de un estado incipiente de evolución de esta disciplina y, sobretodo, el hecho de que esta actividad no puede ser reducida a un trabajo mecánico a la manera de un manual de procedimientos, por la diversidad de factores que inciden.

##### **1.1.2 Metas, Objetivos y Tipos de Planeación.**

Las metas de la planeación son resúmenes generales de valores comunes como el mejoramiento de la situación económica, el desarrollo de más oportunidades de trabajo y el mejoramiento de la calidad de la vida.

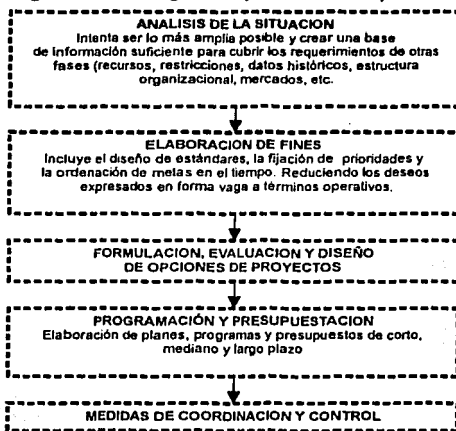
En el caso del transporte, el acto mismo de reconocer la necesidad de un mejorado puede establecer las metas de la planeación. La meta primordial será satisfacer las necesidades reconocidas. Las magnitudes y clases de las demandas se deben establecer y satisfacer. Hay por otra parte, metas generales aplicables en todo o en parte a toda planificación de la transportación. Los objetivos son las formas específicas de lograr esas metas. Se presentan problemas para definir las características de demanda, la selección de modalidad y los efectos que se producirán en los valores y en el medio ambiente.

Como complemento a los antecedentes de la planeación, a continuación se incluye una breve descripción de las corrientes o enfoques que han logrado tener mayor influencia.

### **1.1.2.1 Planeación Comprensiva.**

Las primeras teorías se hallan lejos de ser complicadas. En particular, el procedimiento consiste en fijar conforme a algún criterio, los índices de bienestar (camas de hospital por habitante, porcentaje de áreas verdes, ingesta mínima de calorías, etc.) o las relaciones de equilibrio entre sectores, de acuerdo con lo cual se establece el patrón de lo deseable o lo funcional y, en consecuencia, los objetivos por alcanzar. Dada la insuficiencia de los recursos para atender todos los problemas a un mínimo tiempo, es necesario fijar prioridades entre los distintos objetivos y estructurar programas de acción en el corto, mediano y largo plazo.

El siguiente paso consiste en el diseño detallado y el presupuesto de las acciones por ejecutar, así como la proposición de medidas administrativas y reguladoras para coordinar la participación de los distintos departamentos y agencias involucradas, a continuación se muestra un esquema de metodología.

**Figura 1 Metodología de la planeación comprensiva.**

*Fuente: Fuentes-Zenón 1991.*

El producto de esta serie de trabajos es llamado planes maestros, calificados como comprensivos porque en el proceso se busca conocer toda la situación problemática, tener en cuenta y coordinar las distintas metas del sistema, plantear el número más amplio de opciones y predecir todas las consecuencias de cada una en el corto, mediano, y largo plazo.

Las fallas de la planeación comprensiva son más evidentes cuando se pretende actuar en problemas complejos, en un ambiente dinámico, con carencias de información y conocimiento y, sobre todo, con intereses en conflicto; por el contrario, resulta un enfoque muy apropiado en ciertos casos, como las grandes obras de ingeniería, en la dirección de organizaciones medias y en el diseño de proyectos específicos que exigen una alta coordinación y precisión.

Una respuesta parcial a este tipo de dificultades ha sido pasar de los planes maestros a la planeación mediante los llamados "esquemas básicos", en los que sólo se definen las grandes líneas para el desarrollo futuro, dejando que cada órgano elabore los programas, proyectos y acciones de su competencia. Ofrecen la ventaja de ser más flexibles aunque la vaguedad resultante no siempre es bien aceptada, en especial cuando la cultura es centralista y autoritaria.

### 1.1.2.2 Planeación Racional.

Como se ha dicho, en sus inicios la planeación enfrenta una fuerte carga política e ideológica, al identificarla con gobiernos totalitarios o como uno de los medios por los que el movimiento social de la reforma buscaba mejorar al gobierno, las organizaciones, el entorno físico y los servicios.

En la década de los años 60, surge una corriente en la que no sólo disminuye esa connotación, sino que va al extremo de considerar a la planeación como un instrumento que opera en un nivel estrictamente técnico. Así, se genera una tendencia por desarrollar medios de racionalización y coordinación formal, se sustituye la visión simplista y utópica del diseño de estándares por una gran variedad de técnicas y modelos, desde los muy complejos de simulación de grandes sistemas, hasta la simple regresión lineal.

El planeador pasa a ser considerado como un científico aplicado, cuya labor consiste en una cuidadosa colección y análisis de datos para elaborar o alimentar algún modelo y de ahí, determinar los costos o beneficios de estrategias opcionales.

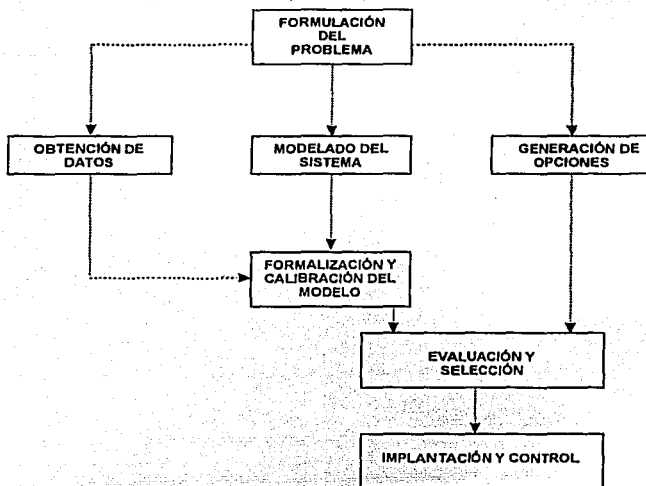
Esta concepción sigue de cerca una idealización mecanicista en boga en el mundo occidental, propia de las ciencias físicas, al tratar al objeto como un fenómeno investigable, de tal suerte que la planeación queda reducida a mostrar las leyes generales y aspectos recurrentes para hacer predicciones y, con esto, prescripciones basadas en el conocimiento.

De esta forma, quien planifica está "a salvo" de juicio de valor, pues se limita a elaborar una serie de cálculos y previsiones para complementar la visión de corto plazo y sobre todo porque la fijación de objetivos y la selección están en manos de un decisor, la educación contemporánea refleja esta visión, ya que la currícula relacionada con la planeación está integrada básicamente con materias de tipo analítico o instrumental.

Así emerge un rico y variado grupo de técnicas y modelos que son sin duda de gran valor para quien planea. A continuación se presenta un esquema de la metodología seguida.



Figura 2 Metodología de la planeación racional.



Fuente: Fuentes-Zerón 1991

Los principales problemas por los que pasa la planeación racional es que se evaden muchas de las dificultades que la realidad ofrece, aunque no se puede dejar de reconocer los importantes logros que hay en técnicas de evaluación, pronóstico, análisis de riesgo, simulación, manejo de datos por computadora, etc.

### 1.1.2.3 Planeación Retrospectiva.

En la llamada planeación retrospectiva, que en esencia comparte las mismas características de la planeación racional, el futuro es visto como una extensión o extrapolación del presente y el pasado, por lo tanto la labor del analista consiste en determinar hacia donde conducen esas líneas y señalar las acciones de tipo adaptativo que deben tomarse, o indicar sobre que variables se tiene algún control para modificar esas tendencias y describir los efectos correspondientes.

Dentro de esta concepción, pueden existir dos variantes: la determinista y la probabilista, según se consideren resultados únicos, o bien no se tenga certeza sobre los resultados esperados pero sí una medida probabilista de cada futuro factible.

#### **1.1.2.4 Incrementalismo Disjunto y Planeación Circunspectiva.**

El enfoque y los ideales del Incrementalismo disjunto son completamente distintos de los de la planeación comprensiva, ya que en lugar de aspirar a la transformación total y coordinada del sistema, propone una estrategia con base en cambios marginales y desarticulados.

Los incrementalistas sostienen que cualquier intento por emplear métodos de cambio comprensivos y analíticos termina por fracasar; de aquí, la conveniencia de reducir el alcance a pequeños cambios, observar los resultados obtenidos y después proponer nuevos movimientos, sin preocuparse por obtener una solución definitiva desde un inicio, lo que le da su carácter incremental. Es disjunto porque cada cambio es visto de manera independiente y, puede actuarse sobre varios problemas a un mismo tiempo o aplicar otras medidas en el mismo problema.

En general, el incrementalismo disjunto parece una estrategia apropiada para introducir mejoras o correctivos parciales en sistemas productivos de cualquier tipo y un medio complementario para tratar con problemas o situaciones altamente complejas y dinámicas, en especial, cuando no es posible tomar decisiones por un solo conjunto de valores.

Sin embargo, este enfoque debe emplearse con cierta reserva ya que estimula un espíritu conservador y conformista, evade enfrentar cambios radicales y soslaya la necesidad de tomar decisiones fundamentales.

Como respuesta a estas críticas, han sido creados otros enfoques como el "incrementalismo normativo" y "la exploración mixta", que proponen un mecanismo doble: Uno de altura para establecer la dirección básica del cambio y un proceso incremental para la ejecución y adecuación del proyecto elaborado.

La planeación circunspectiva tiene algún parecido con el incrementalismo disjunto, aunque adopta no por razones teóricas sino por motivos absolutamente prácticos, al surgir cambios imprevistos o por falta de previsión. Así, esta actividad, que se realiza bajo presión y urgencia, consiste en un rápido examen de las circunstancias más próximas e importantes y en el diseño de medidas operativas para el corto plazo, generalmente con escasa orientación para el futuro.

La planeación circunspectiva puede tener dos modalidades: la coyuntural cuando existe una amenaza o una oportunidad que requiere de atención inmediata; y la correctiva, que es aplicada para modificar alguna situación o salvar un problema específico.

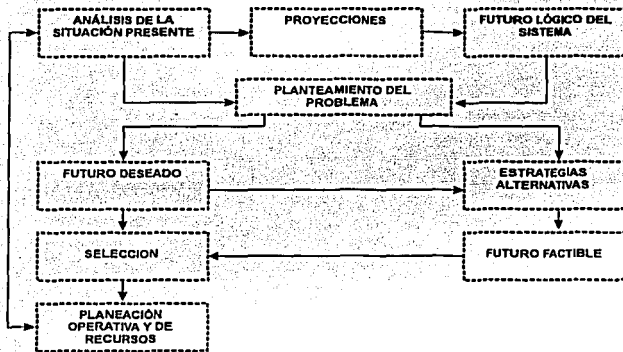
#### **1.1.2.5 Planeación Normativa.**

La planeación normativa, también llamada interactiva o prospectiva, tiene sus orígenes hacia finales de la década de los 60's -aunque alcanza su mayor desarrollo en el transcurso de los 70's- y en la actualidad cuenta con un gran número de adeptos. Esta corriente tiene sus raíces en el enfoque de sistemas y se caracteriza por la manera en que considera a los problemas y al futuro.

En relación con el primer punto, se señala que el decisor no trata con problemas sino con estados de desorden o confusión. Ésta consideración es muy importante ya que marca la necesidad de confeccionar un diagnóstico que sirva de base para elaborar los planes, en otras palabras marca la necesidad de conocer y explicar los problemas.

En cuanto al segundo punto, el futuro es considerado múltiple y elegible dentro de cierto rango, a diferencia de la planeación retrospectiva que tiende a verlo como resultado del presente y el pasado. Si nuestras acciones tienen efecto sobre el futuro, es posible planear no sólo para adaptarnos mejor a las nuevas condiciones sino, ante todo, con la intención de lograr efectos deseados.

Figura 3 Metodología de la planeación normativa.



Fuente: Fuentes-Zenón 1991

Esta orientación da a la planeación un carácter innovador y altamente creativo, en el que los fines determinan los medios y no los medios a los fines; así mismo, evita el buscar resultados ignorando sus consecuencias, actitud muy en boga en una cultura técnico-utilitaria altamente competitiva, en la que más allá de lo inmediato nada hay y que incluso lleva a actuar sin una base de objetivos claros, lo cual ha probado ser muy costoso.

La principal problemática de la planeación prospectiva es la siguiente:

En la práctica profesional relacionada con la solución de problemas, con frecuencia se observan deficiencias como las siguientes:

- Recopilación de excesivos volúmenes de información;
- Mala organización de actividades: en ocasiones no se tiene una idea medianamente clara de qué debe hacerse o qué resultados concretos se buscan;
- Realización de proyectos que resultan poco relevantes para las instituciones.
- Aspiración a resolver problemas gigantescos sin tener en cuenta las posibilidades reales de la institución;
- Numerosos proyectos que nunca se concluyen;
- Elaboración de propuestas que no se implantan por omisiones graves o porque no resultan convincentes; etc.

Todo esto se traduce en desperdicio de recursos o retraso en la entrega de resultados, aunque lo más grave es encontrar que se lleven a la práctica "soluciones" que nada aportan o que vienen a agravar la problemática original.

Estas situaciones se viven a diario y en buena parte son producto de que no se concede la importancia que merecen los conocimientos de carácter metodológico.

Desgraciadamente, en la literatura de planeación no existe una respuesta adecuada, ya que se ha incurrido en el error de producir una gran cantidad de materiales que resultan altamente especulativos, vagos e impreciso, cuya intención es más destacar el espíritu, validez e importancia del enfoque propuesto, que el ofrecer una guía para ordenar y estructurar las distintas actividades requeridas en la solución de problemas.

Ello ha orillado a dejar todo a la intuición, o bien a adoptar algún esquema o procedimiento encontrado por ahí, sin cuestionar sus limitaciones y alcances, y hasta sin comprenderlo adecuadamente, con las consecuencias ya descritas.

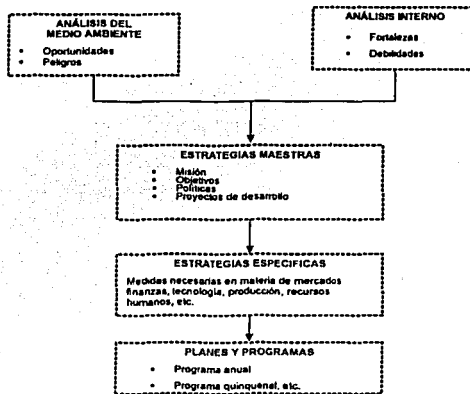
#### **1.1.2.6 Planeación Estratégica.**

Al final de la Segunda Guerra Mundial se da un cambio geopolítico y geoeconómico que abre importantes oportunidades para el desarrollo de las grandes empresas estadounidenses, por lo cual empiezan a diseñarse sistemas de planeación formal a mediano y largo plazo.

Congruente con este origen, la planeación estratégica no trata con problemas operativos, correctivos o de mejoramiento, sino que está orientada a trazar las líneas de expansión para la empresa, ya sea a través de nuevos productos, variantes en los productos, penetrar en nuevos mercados, tecnologías de punta, reducción de costos, etc.

Se basa, por una parte, en un análisis del medio ambiente en el que se identifican los peligros y oportunidades para la empresa y, por otra, en un análisis interno que indica las fortalezas y debilidades de la misma, para después entrecruzar esta información y generar las estrategias maestras que conduzcan a explotar las oportunidades o a evitar las amenazas; a partir de esto, se formulan políticas y estrategias específicas y se estructuran planes y programas de acción en el corto, mediano, y largo plazo. En la siguiente figura se presentan en un esquema estas ideas:

Figura 4 Metodología de la planeación estratégica.



Fuente: Fuentes-Zenón 1991

Por sus características, un análisis como el de la planeación estratégica puede resultar de mucho interés en una evaluación macro o general de una organización; sin embargo, ofrece elementos escasos para tratar con los detalles y en especial con problemas específicos que, al no tomarse en cuenta, ponen en peligro cualquier estrategia y la viabilidad misma de la empresa. En resumen, hace énfasis en el que y deja de lado el cómo.

## 1.2 Planeación Aplicada a Aeropuertos.

### 1.2.1 Planeación de Aeropuertos.

En la planeación de aeropuertos es esencial contar con suficiente acervo de estudios estadísticos, a los cuales deberán agregarse los análisis relativos a los factores económico-sociales, técnicos, y políticos, con el propósito de poder así programar las necesidades tanto actuales como futuras del mismo. El problema de la planeación de los aeropuertos es en extremo complejo, ya que las características de las instalaciones necesarias pueden variar en períodos tan breves como lo es un día. Así pues, además de hacer pronósticos globales, es indispensable hacer algunos tan particulares como lo son los diarios y los horarios. Esto es una consecuencia de la alta estacionalidad de la demanda al igual que en otros servicios.

En algunas horas del día las instalaciones pueden parecer excedidas, sin embargo, existen otras en lo que sucede precisamente lo contrario. Debido a esto se tiene la necesidad de planear la capacidad del aeropuerto obedeciendo a las exigencias de los horarios críticos, que se pueden conocer mediante un estudio de aforo, tanto de aterrizajes como de despegues, operaciones en las cuales se tomen datos las 24 horas del día, durante un lapso que se juzgue representativo y que cubra además todos los aspectos, tales como: tipos de aviones, pasajeros, equipaje, visitantes, servicios, vehículos, etc. Hay que tener en cuenta que el aeropuerto es una instalación permanente y evolutiva, por lo que actuar de otra manera se debe considerar como actitud irresponsable. Los aeropuertos se deben planear para que cumplan satisfactoriamente con la misión que tienen encomendada, de una manera sencilla, estética, funcional segura y económica.

Para que los aeropuertos puedan cumplir con su función, es preciso que se planeé el tipo de aeropuerto más adecuado en cada caso particular.

La determinación de las necesidades de una zona se lleva a cabo en función del número de pasajeros aéreos que pueda engendrar y/o recibir la misma y de la distancia media del recorrido por pasajero.

Dentro del sistema aeroportuario las características de los vehículos, tanto aéreos como terrestres, tienen una gran influencia en la organización. Para el pasajero y el transporte de mercancías, interesa primordialmente el tiempo de transporte puerta a puerta y no solamente la duración del viaje aéreo. Por esta razón el tiempo de acceso al aeropuerto resulta también importante en el proceso de planeación.

Pronosticar el desarrollo aéreo que pueda tener una zona, es un tanto difícil, por lo que generalmente se hace en forma aproximada, tomando en cuenta el desarrollo que hayan alcanzado zonas de economía parecida.

En esta etapa de planeación de aeropuertos, se requiere que se mejoren las pistas existentes a medida que el movimiento justifique estos cambios. Conforme se aumente el proyecto, las pistas de aterrizaje existentes se pueden hacer de mayor longitud, anchura y se refuerzan de acuerdo con el aumento de las cargas en movimiento, Lo cual no siempre es fácil.

A menos que los proyectos se hagan anticipadamente con un orden definido de las etapas de construcción, se ahorrará por la utilización de las construcciones existentes de tal manera, que las etapas sucesivas de la construcción sean mínimas.

## 1.2.2 Plan Maestro de un Aeropuerto.

### 1.2.2.1 Definición.

"El plan maestro de un aeropuerto es un concepto que explica el desarrollo total de un aeropuerto". La palabra "desarrollo" incluye el área completa del aeropuerto tanto para usos aeronáuticos como no aeronáuticos, y usos del área adyacente al mismo.

### 1.2.2.2 Objetivos.

"El objetivo completo del plan maestro de un aeropuerto consiste en suministrar las directrices para satisfacer todas las demandas, y que debe ser compatible con el medio ambiente, desarrollo de la comunidad y de otros medios de transporte". Más específicamente se puede definir como una guía para, entre varios a:

- 1) Desarrollar las instalaciones y servicios de un aeropuerto.
- 2) Desarrollo de los terrenos del aeropuerto y del entorno del mismo.
- 3) Determinar los efectos ambientales de la construcción del aeropuerto y de su actividad
- 4) Establecer las necesidades de accesos<sup>1</sup>.
- 5) Establecer la factibilidad económica y financiera de las actividades que se proponen
- 6) Establecer un orden de prioridad y fases de desarrollo para todos los puntos que se insertan en el plan.
- 7) Plantear un plan financiero factible.
- 8) Establecer un proceso continuo de revisión para adoptar el plan a condiciones reales futuras.
- 9) Fomentar el interés público.

Hoy en día existen una serie de complejas consideraciones técnicas, económicas, financieras y políticas en el desarrollo de un aeropuerto; así como el creciente énfasis que se le da al aspecto ambiental, que influye ampliamente en el plan maestro. Como resultado de todo ello, el plan adoptado no significa que sea necesariamente el mejor desde el punto de vista técnico. Por lo tanto, el plan resulta ser un compromiso entre muy diversos requisitos de planeación, tanto físicos como no físicos.

---

<sup>1</sup> Proporcionar una guía para decisiones a corto y largo plazo.



### 1.2.2.3 Contenido.

El contenido del plan maestro de un aeropuerto varía dependiendo de su ubicación específica; sin embargo, debe de incluir por lo menos los siguientes puntos.

1. **Previsión de la demanda.**- Las previsiones deben incluir entre otras a: Las operaciones de aeronaves, número de pasajeros, volumen de carga y correo, tránsito de vehículos, flota de aviones, aerolíneas etc. Estas previsiones deben de hacerse no sólo sobre una base anual sino también para las horas que se estiman críticas del día.
2. **Desarrollo de las opciones de solución para satisfacer de manera razonable las previsiones de la demanda.**- Cada opción debe de tener en cuenta factores tales como, el impacto en el medio ambiente, seguridad y economía.
3. **Determinación del costo-beneficio de cada opción.**- Un análisis de costo-beneficio<sup>2</sup> debe incluir no solo los costos y beneficios tangibles sino también los intangibles. Los beneficios tangibles incluyen apartados tales como los referentes a la reducción de demoras de los aviones, beneficios que pueden fácilmente cuantificarse en términos monetarios. Los costos sociales, por otra parte, son mucho más difíciles de calibrar en términos monetarios y se les suele conocer como intangibles.
4. **Posibilidad financiera.**- La posibilidad financiera difiere de la económica, ya que no existe garantía de que si el desarrollo propuesto es económicamente factible también lo sea financieramente.
5. **Impacto ambiental en las opciones de solución alternativas.**- El impacto ambiental de cada opción debe considerarse e incorporarse en el análisis costo-beneficio. Aunque el ruido del avión puede ser el principal problema ambiental de cara a las autoridades del aeropuerto, existen otros serie de factores que deben de tenerse en cuenta, como el tratamiento de desechos sólidos y líquidos, afectaciones a la flora y fauna locales, etc.

### 1.2.2.4 Coordinación.

Los planos correspondientes al plan maestro de un aeropuerto atraen interés de los ciudadanos privados, organizaciones de la comunidad, usuarios del aeropuerto, agencias dedicadas a la planeación de zonas y grupos de conservación. Sí a estos

<sup>2</sup> Nota: no olvidar que el análisis costo-beneficio en teoría es para definir prioridad entre dos proyectos distintos. Por ejemplo, una carretera contra un hospital.

grupos no se les consulta durante el proceso de creación del plan, probablemente no se tendrá éxito al hacerse público; por ello las partes interesadas deberán tener desde el principio conocimiento de su desarrollo y acceso a toda la información de importancia.

#### **1.2.2.5 Recopilación de Datos.**

El primer paso en la preparación del plan maestro es la recopilación de datos de instalaciones y servicios existentes en otros aeropuertos y los correspondientes a los posibles estudios de planeación de la zona. Debe de consultarse a todas las autoridades correspondientes en cuanto a transporte se refiere, ya que pueden ser fuentes de datos de valor.

#### **1.2.2.6 Análisis sobre Capacidad y Demora.**

La determinación de la capacidad y demora en los esquemas de opción para mejorar un aeropuerto existente o establecer uno nuevo, resulta un paso esencial en la confección de un plan maestro. De la comparación de la demanda con la capacidad, se obtiene una información básica para determinar las dimensiones de las instalaciones y servicios necesarios. La demora es un dato de entrada esencial en un análisis costo-beneficio.

Un análisis de capacidad de un aeropuerto incluye no solamente la zona aeronáutica aérea y terrestre, sino también las posiciones de estacionamiento de aeronaves, edificios de pasajeros, la circulación y estacionamiento de vehículos dentro de los límites del aeropuerto, y los accesos terrestres al mismo. La proximidad entre aeropuertos, la orientación de las pistas y el tipo de operaciones (VFR o IFR) son los factores que pueden afectar la capacidad de un aeropuerto en particular.

En los grandes aeropuertos, los accesos y la circulación interior de vehículos pueden representar una dificultad para el desarrollo total del mismo.

#### **1.2.2.7 Necesidad de Instalaciones y Servicios.**

Las necesidades de pistas, calles de rodaje, plataformas de estacionamientos, edificios de pasajeros y carga, caminos y estacionamientos se originan a partir de un análisis de demanda y capacidad, de la geometría del aeropuerto y de otras normas que regulan el proyecto de los componentes del mismo. De ahí se obtiene, el número,

longitud y configuración de las pistas, configuración de las calles de rodaje, el número de posiciones de estacionamiento de aeronaves, el tamaño de los edificios terminales para pasajeros, almacenes e instalaciones y servicios para la aviación general. Esta información capacita al proyectista para obtener una primera aproximación de la forma y dimensiones totales de un nuevo aeropuerto a la expansión de otro ya existente.

Al mismo tiempo, deben considerarse otras instalaciones como el almacenamiento y distribución de combustibles, suministros de energía eléctrica y agua, obras de drenaje, etc.

### 1.2.2.8 Impacto Ambiental.

El énfasis en preservar el ambiente, requiere que el planificador dedique gran parte de su tiempo y esfuerzo a este tema. Deben establecerse directrices en este sentido, las cuales se han de incorporar más tarde al plan maestro del aeropuerto por los planificadores y diseñadores de las instalaciones y servicios. Estas directrices deben llevarse a cabo por especialistas que tengan conocimiento de los problemas ambientales.

### 1.2.3 Clasificación de Aeropuertos.

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) se encarga de establecer y difundir las normas y recomendaciones generales de carácter internacional sobre los distintos aspectos de la aviación civil. En cuanto a sus normas de trazado geométrico la OACI y otras organizaciones gubernamentales como la Administración Federal de Aviación de E.U.A. (FAA)<sup>3</sup>, clasifica a los aeropuertos sobre la base de una clave de referencia de la zona operacional del mismo utilizando diferentes criterios. En el caso de la OACI sus normas se publican en el Anexo 14 (Aeródromos) al convenio sobre Aviación Civil Internacional. Esta organización es producto de una conferencia entre 52 países en Chicago, E.U.A. en el año de 1944, con el objeto de regular los asuntos de transporte aéreo internacional.

En el Anexo 14, la OACI se ha ocupado de realizar los estudios de espacios aéreos y publicarlos para los efectos de proximidad a un aeropuerto, estos estudios deben ser aceptados por los países miembros de la organización, donde las dimensiones de los aeropuertos dependen de la clave de referencia del aeródromo o zona operacional del aeropuerto lo cual esta en función del tipo y tamaño de avión de diseño que ha de

<sup>3</sup> FAA "Federal Aviation Administration"

operar en él, en el cual se le asigna una letra clave en función de la longitud de campo de referencia del avión, el cual es la longitud de pista que requiere dicho avión para despegar a nivel del mar, a peso, máximo en atmósfera tipo, con viento y pendientes considerados nulos; y un número para clasificarlo sobre la base de la envergadura de las alas y el ancho exterior entre ruedas del tren principal de aterrizaje.

**Tabla 1 Claves de referencia aeródromo OA CI.**

Elemento 1		Elemento 2		
No de clave	Longitud de campo de referencia (m)	Letra clave	Envergadura (m)	Ancho exterior entre ruedas del tren de aterrizaje (m)
1	$L < 800$	A	$E < 15$	$Ac < 4.5$
2	$800 = < L < 1200$	B	$15 = < E < 24$	$4.5 = < Ac < 6$
3	$1200 = < L < 1800$	C	$24 = < E < 36$	$6 = < Ac < 9$
4	$L > 1800$	D	$36 = < E < 52$	$9 = < Ac < 14$
		E	$52 = < E < 65$	$9 = < Ac < 14$
		F	$65 = < E < 80$	$14 = < Ac < 16$

Fuente: Anexo 14 (Aeródromo) OACI

Por su parte la FAA para el diseño geométrico, clasifica a los aeropuertos de acuerdo a la actividad que desarrolla en aviación comercial y aviación general que a su vez se clasifica como<sup>4</sup>:

#### Aviación general:

- Utilitario.- Como utilitario básico categoría I, utilitario básico categoría I, utilitario general.
- Transporte básico.
- Transporte general.

Los aeropuertos utilitarios la FAA los define como aquellos que son utilizados por aviones con un peso menor a 5,700 Kg. Un aeropuerto de transporte básico es aquel que puede acomodar aviones de turbina con un peso bruto de hasta 27,300 Kg.

Los aeropuertos dedicados al transporte aéreo comercial no tienen una clasificación específica. Los documentos de trazado geométrico se basan en las dimensiones físicas de las aeronaves tales como la envergadura, la anchura del tren de aterrizaje y la distancia entre ejes.

<sup>4</sup> Ruiz Luis Gabriel, *Planeación y Construcción de Aeropuertos*, Tesis Licenciatura, UNAM, 2001.

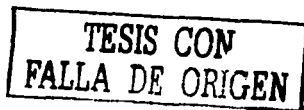
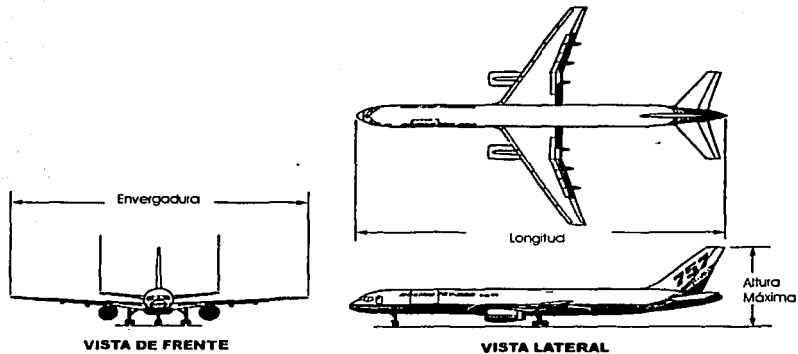


Figura 5 Características físicas de un avión.

Fuente [www.boeing.com](http://www.boeing.com)

#### 1.2.4 Tipos de Aeropuertos.

Una de las ventajas del transporte aéreo consiste en que el pasajero puede realizar viajes de tránsito en conexión dependiendo de la ruta que él tenga en origen y destino, teniendo también la posibilidad de realizar vuelos directos. La comunidad de acuerdo a su régimen socioeconómico es quien proporciona el número de pasajeros que han de utilizar el transporte aéreo, y las aerolíneas determinan la capacidad de vuelos para conectar al pasajero a otra dirección, conocidos como vuelos en conexión, permitiéndose una cobertura más amplia del transporte aéreo.

Por lo tanto, la comunidad determina de acuerdo a su régimen económico, el tipo de aeropuerto que se tendrá en la región o zona y pueden ser:

- a) Turístico
- b) Negocios industriales
- c) Negocios Agropecuarios
- d) Integración, política (fronterizos), económico, social, étnico, etc.

**Aeropuertos turísticos.-** Son los que reportan el incremento mayor anual de demanda, por lo que representan un gran impacto económico en las comunidades ya

que están muy ligados con la cantidad de servicios disponibles al turismo como son: hoteles, centros comerciales, centros recreativos, zonas panorámicas, restaurantes y muchas otras atracciones propias de la zona.

En estos aeropuertos la mayoría de los pasajeros son personas que visitan el lugar y que influyen de una forma muy importante en el diseño y planeación del edificio de pasajeros, es por esto que el ingeniero proyectista debe tener información bastante clara de lo que será un aeropuerto durante su etapa de desarrollo y de su vida útil.

**Aeropuertos Industriales y Agropecuarios.**- Generalmente este tipo de aeropuertos se ubican cerca de los centros industriales ya que los visitantes o pasajeros viajan a ellos con el único fin de realizar negocios, por lo tanto solo son gente de paso que no utiliza mucho equipaje.

**Aeropuertos de Integración, política (fronterizos), económico, social, étnico.**- La generalidad de estos aeropuertos es la de unir entidades que se encuentran muy alejadas de la región, permitiendo que los estados y el país se encuentren estables política y económicamente.

La importancia de tener un aeropuerto en una zona donde es requerido, permite que la comunidad tenga un sistema de vida más adecuado en cuanto a nivel social, económico, cultural y político.

### 1.2.5 Proyecto.

El primer paso para la elaboración del proyecto de un aeropuerto es la búsqueda de los lugares apropiados para su construcción. Dichos probables lugares deben cumplir con requisitos de seguridad que exigen las operaciones aeronáuticas, es decir, que no existan en sus cercanías obstáculos, naturales o artificiales, que afecten a las operaciones aéreas; o bien que si existen, ellos pueden ser eliminados. Además para escoger el lugar mas adecuado para el emplazamiento del aeropuerto es necesario estudiar:

- a) Su situación con relación al centro urbano
- b) Las condiciones meteorológicas del lugar
- c) La economía en la construcción

### 1.2.5.1 Situación del Aeropuerto con Respecto al Centro Urbano.

El estudio de la situación del aeropuerto con respecto al centro urbano involucra dos puntos principales: a) su distancia del mismo, y b) su orientación con respecto a él. Con relación a la distancia del aeropuerto del centro urbano, hay que tener en cuenta que ella se refiere no a la distancia material que los separan, sino más bien desde el punto de vista del tiempo invertido en recorrer la separación geográfica, puesto que un buen sistema de vías de transporte puede transformar un aeropuerto lejano, desde el punto de vista de su situación geográfica, en un aeropuerto más cercano que otro que se encuentre a menor distancia material del centro urbano, pero que tenga malas comunicaciones con el mismo.

Con respecto a la distancia de los aeropuertos al centro urbano, hay que tomar en cuenta que el ruido de los aviones a reacción pueden ser muy molestos si el aeropuerto se encuentra muy cerca de la población, por lo que la tendencia es evitar el atronador ruido de las turbinas, alejando la ubicación de los aeropuertos.

Con relación a la orientación del aeropuerto con respecto a las ciudades, es necesario tratar de evitar que el aeropuerto quede localizado de tal modo que los vientos dominantes soplen de las zonas industriales hacia el mismo, ya que ello sería causa de la formación de nieblas y humos sobre el aeropuerto haciendo difícil la utilización del mismo.

### 1.2.5.2 Condiciones Meteorológicas.

Las condiciones meteorológicas que un aeropuerto debe reunir se pueden clasificar en tres partes:

- a) Condiciones meteorológicas generales de toda la zona.
- b) Condiciones generales de ubicación del aeropuerto.

El estudio de los aspectos climáticos de toda la zona<sup>5</sup> marcan precisamente, las condiciones de utilización de los diferentes lugares probables de ubicación del aeropuerto dentro de la zona. Los datos a veces pueden ser obtenidos de Observatorios Meteorológicos cercanos y se refieren a intensidad, frecuencia de dirección y duración de los vientos, así como a temperaturas, lluvias y nieves en la zona y número de días en que las nubes son de altura menor de 200 metros.

---

<sup>5</sup> Para las condiciones generales del sitio se requiere instalar una estación meteorológica que acumule datos por lo menos cada 5 años.

Haciendo un estudio de las condiciones meteorológicas anteriores se puede escoger el lugar más adecuado para el aeropuerto. De estas condiciones meteorológicas las más importantes, para el estudio del aeropuerto son, quizás las que se refieren a los vientos y a la precipitación pluvial ya que servirán para la orientación de las pistas y para el estudio del drenaje del aeropuerto, respectivamente, así como las condiciones de altura de la base de las nubes y la visibilidad.

Las condiciones especiales del lugar elegido para el aeropuerto se refieren al hecho de tratar de evitar, hasta donde ello sea posible, el ubicarlo en terrenos que, por su relieve, puedan modificar en parte la meteorología común a toda la zona debido a cambios en las condiciones de las capas de aire más bajas.

En las capas de aire más bajas pueden producir corrientes ascendentes y descendentes así como variación en la dirección de los vientos, cosas que tendrían que tomarse en cuenta en el proyecto del aeropuerto, pues las corrientes ascendentes y descendentes hacen peligrosas las operaciones de aterrizaje y despegue de los aviones, y la variación en la dirección de los vientos alteraría la orientación de las pistas.

#### **1.2.5.3 Economía en la Construcción.**

La economía en la construcción de un aeropuerto depende del tipo de materiales encontrados como suelo para cimentaciones, así como si el terreno escogido tenga o no facilidad para drenar solo, es decir, sin necesidad de un drenaje especial muy costoso. Además de la configuración del terreno que implique más o menos movimiento de tierras para cumplir con las especificaciones de pendientes longitudinales y transversales en tierra y espacio aéreo inmediato.

#### **1.2.5.4 Consideraciones Finales.**

Habiéndose escogido el lugar más conveniente para ubicar el aeropuerto, el paso siguiente consiste en buscar la mejor orientación para las pistas y el número necesario de ellas.

Para esto se tienen que manejar los datos meteorológicos relativos a vientos para formar la llamada rosa de vientos y poder orientar las pistas en forma correcta. Se llaman vientos dominantes a los de mayor intensidad y vientos reinantes a los de mayor frecuencia.



## CAPITULO 2

### 2. OPERACIÓN DE AEROPUERTOS

#### 2.1 Objetivos.

El control de operaciones es la reglamentación del tránsito de los aviones con el fin de lograr seguridad máxima y un uso eficiente de la planta y el equipo. El control puede llegar a ser sumamente complejo.

El control se ejerce para dar seguridad y confiabilidad al movimiento de los aviones. Es necesario evitar el contacto (colisión) entre aviones, equipos y con el terreno. Junto con esto se presenta la necesidad de mover a los aviones tan rápidamente como sea posible, con las demoras mínimas, para su salida y llegada oportuna. Estos objetivos a veces entran en conflicto, por ejemplo, los aviones a veces pueden estar demasiado próximos los unos de los otros. Los operadores responsables anteponen la seguridad ante todo, aunque la tensión de la competencia y el descuido de las personas a veces actúan en forma contraproducente.

Además de la seguridad, la confiabilidad y la rapidez, está el objetivo de aprovechar al máximo la capacidad de tránsito. Aquí intervienen las cargas máximas, las velocidades permitidas, los horarios y el uso efectivo de la capacidad de ruta.

El control incluye llevar registros del movimiento de aviones, dirigiendo sus movimientos cuando sea apropiado, las escalas en los aeropuertos y la recolección y entrega de las unidades de carga. El control implica también proporcionar información para fines operacionales y de planeación con respecto a los movimientos que se están efectuando o que se prevén.

Entre los medios que permiten ejercer el control de operaciones están los reglamentos, los procedimientos estándar de operación, el empleo de señales, anuncios, comunicaciones, registros e informes. Los circuitos cerrados de televisión, las computadoras y los sistemas electrónicos de procesamiento de datos llevan a cabo la vigilancia, la identificación de vehículos y el control automatizado de todo un sistema o parte de él, proporcionando información necesaria para las decisiones diarias.

### **2.1.1 Organismos Supervisores.**

Las líneas aéreas están controladas por los técnicos de las empresas, por el personal de control de tránsito aéreo, por personal del aeropuerto y por diversos sistemas de navegación y comunicación.

Uno de los problemas principales consiste en determinar que parte del control debe ser automático y qué parte se debe dejar al ser humano. En algunos sistemas el operador puede desempeñar únicamente funciones de vigilancia, combinadas a veces con la posibilidad de anular los controles automáticos en caso de emergencia a cambio de planes. Hasta ahora se ha procurado dar ser humano todo el auxilio electrónico y automático posible, dejándolo que tome las decisiones finales.

Los problemas relativos se derivan de la creciente complejidad de los aparatos de control, las altas velocidades subsónicas y las cada vez mayores densidades de tránsito en medios de amplitud limitada, frente al tiempo de reacción y la capacidad de la mente y el cuerpo humano para comprender y tomar decisiones. La solución de estos problemas está dentro del campo de la ingeniería humana, donde el psicólogo y el ingeniero se encuentran en un terreno común.

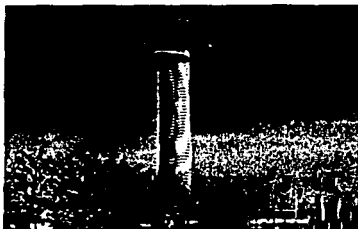
### **2.1.2 Control de Operaciones.**

Los vuelos que se efectúan a lo largo y ancho del Sistema de Aerovías están bajo la supervisión directa de centros de control de tránsito aéreo situados estratégicamente. Antes de despegar, el piloto presenta un plan de vuelo para su aprobación y se ajusta a dicho plan mientras está en el aire. Hace verificaciones regulares en los centros de control y con los despachadores de su propia compañía, quienes registran el avance del vuelo señalando su ubicación y las condiciones. Por lo general, los despachadores de las líneas comerciales están en contacto directo con cada vuelo y también coordinan las actividades con los centros de control. Se proporciona al piloto información respecto al clima, estado de las aerovías y condiciones de techo y tránsito en el siguiente punto de escala. Si se desea modificar el plan de vuelo en cuanto a destino, altitud o dirección, es preciso obtener autorización del centro de control, correspondiente.

Cuando el piloto se aproxima al punto de aterrizaje, el vuelo queda bajo control de la torre del aeropuerto y recibe instrucciones de aterrizaje (o de espera) informándose con respecto al clima, el techo, la prioridad de aterrizaje y la pista que le corresponde, evitando así algún accidente.

**Las Torres de Control del Aeropuerto.**- empleando radio comunicación permanente y los radares de área, aeropuerto y de superficie, controlan a los aviones que se encuentran en y sobre las cercanías del aeropuerto. Los vuelos en aproximación se controlan desde que están a casi 35 millas (56.3 Km.) de la torre de control de un aeropuerto.

**Figura 6 Torre de control del aeropuerto de Arlanda Suecia.**



Fuente: [www.swedfligh.com](http://www.swedfligh.com)

El control final se toma cuando el avión se encuentra a unas 7 millas (11.3 Km.) de distancia. El control local se ejerce en el tránsito VFR (Reglas de Vuelo Visual) dentro y cerca del patrón del aeropuerto. El control de tierra dirige el movimiento de los aviones mientras están en tierra. También se indican los espacios libres y se dan instrucciones a la llegada y a la salida para mantener la separación entre los vuelos IFR (Reglas de Vuelo por Instrumentos).

La torre de control es responsable también de dar salida a los aviones que van a despegar, suministrar a los pilotos la información sobre el viento, temperatura, presión barométrica, condiciones operativas del aeropuerto y control de todas las aeronaves que se encuentran en tierra, excepto las que están en la zona de maniobras adyacente a la zona de estacionamiento.

**Los Centros de Control de Rutas Aéreas.**- asumen la responsabilidad en primer lugar de dirigir a todos los aviones que operan bajo las Reglas de Vuelo por Instrumentos en un espacio aéreo controlado. Dirigen el tránsito de manera que se mantenga una separación vertical de 1,000 pies (304.8 m) entre aviones y una distancia de 10 minutos entre los que vuelan a la misma altura.

Advierten a los pilotos de los peligros potenciales, transmiten informes del clima y avisan acerca de las demoras previstas, prestando auxilios de navegación (permiso para efectuar un cambio de curso o de altitud) para evitar las tormentas. Los centros

en lo individual controlan los vuelos IFR que están dentro de su jurisdicción y se coordinan con los centros adyacentes para mantener un flujo seguro y ordenado.

### 2.1.3 Auxiliares para la Navegación y Señales.

Las primeras vías aéreas estaban marcadas por medio de torres instaladas en tierra y equipadas con luces giratorias. Siguiendo la intersección de los haces de dos luces adyacentes, el piloto podía encontrar su ruta por la noche. Esta ventaja se perdía cuando la niebla o una tormenta hacía que las luces fueran invisibles. Las torres se reemplazaron con radiofaros.

La navegación aérea comparte problemas con la navegación marítima; pero tiene además los que plantea la altitud, la alta velocidad y la necesidad de mantener al avión en vuelo. De manera que los afectos cegadores de la niebla y las tormentas son mas graves en el caso de la navegación aérea. A velocidades casi sónicas y supersónicas, el piloto vuela prácticamente a ciegas, puesto que la alta velocidad no permite una secuencia de decisiones con base en la observación visual. La congestión del espacio aéreo, sobre todo alrededor de los aeropuertos, es un factor que complica las cosas.

Nuestro país está entrecruzado por una red de rutas marcadas por estaciones transmisoras de radio, situadas en tierra, que envía señales de identificación, y por radiofaros direccionales con los cuales se puede alinear el piloto para llegar a su destino. Así, la navegación es posible sin visibilidad a tierra. El vuelo a base de ver y dejarse ver se practica a poca altura, mientras que los transportes de alta velocidad vuelan por encima de todas las demás rutas comerciales sometiéndose a las IFR.

Existen muchos dispositivos electrónicos que contribuyen a la seguridad y confiabilidad del vuelo; pero no todos se encuentran a bordo incluso de los aviones comerciales. El radar permite al piloto obtener información de primera mano acerca de las condiciones climatológicas que encontrará en su ruta, de manera que una vez que obtiene la autorización para modificar su plan de vuelo, puede cambiar su curso para evitar el tiempo tempestuoso y el aire violento. Un sistema llamado "transponder" da al controlador una imagen excepcionalmente clara de los otros aviones que se encuentren en las proximidades. Hay otro dispositivo que se va trazando progresivamente en un mapa la ruta que sigue el piloto.

La instalación fundamental del espacio aéreo nacional es la de "Very Hight Frequency Omni Range (VOR)<sup>6</sup>". El empleo de frecuencias muy altas, reduce la interferencia

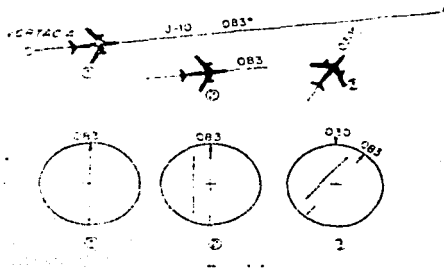
<sup>6</sup> Radiofaro Omnidireccional de muy alta Frecuencia.

atmosférica. La información direccional se genera y se transmite a los aviones desde las estaciones VOR situadas a lo largo de la ruta elegida, una estación VOR envía señales de radio en todas direcciones y cada señal puede considerarse como una ruta (relacionada con un radial) que puede seguir un avión. Considerando intervalos de  $1^\circ$ , existen 360 radiales o rutas que se irradian desde una estación VOR desde los  $0^\circ$  situados en el norte magnético y aumentando en el sentido de las manecillas del reloj hasta los  $360^\circ$ .

La estación emisora VOR, es un edificio pequeño de forma circular con una cubierta en forma de sombrero. La estación transmite en una frecuencia superior a la de las estaciones de radio FM. Las estaciones VOR establecen la red de aerovías y rutas de reactores y además son esenciales para la navegación aérea. El alcance de una estación VOR varía, pero suele tener un alcance máximo de 370 Km.

El receptor VOR en la cabina tiene un dial para sintonizar la frecuencia VOR deseada. El piloto puede seleccionar la ruta VOR que desea para seguir a la estación correspondiente. También existe en la cabina un "indicador de desviación de posición" (PDI), que indica el rumbo del avión relativo a la dirección del radial deseado y que indica igualmente si el avión se encuentra a la derecha o la izquierda de ese radial.

Figura 7 Pantalla PDI.

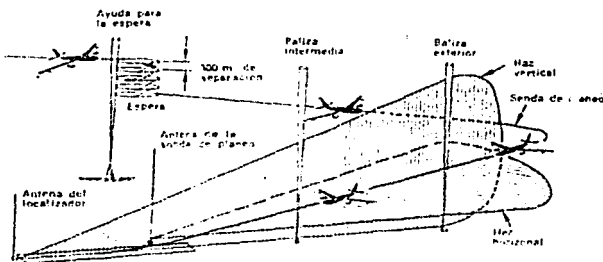


Las reglas del vuelo por instrumentos (IFR) las observan todo el tiempo los vuelos comerciales y otros aviones debidamente equipados cuando la visibilidad es de menos de tres millas. Los aviones no equipados para IFR vuelan de acuerdo con las Reglas de Vuelo Visual (VFR), el cual está permitido únicamente cuando la visibilidad es de tres millas o más.

El control de aproximación transfiere la aeronave a la torre de control del aeropuerto cuando esta se encuentra alineada con la pista a unos 9 Km. del aeropuerto. De igual manera, la torre de control del aeropuerto transfiere todas las aeronaves que despegan del mismo control de aproximación. En la torre, la posición de cada vuelo se sigue en pantallas de radar y se le asigna una pista, dándosele autorización para aterrizar o instrucciones para que siga un patrón de vuelo esperando su turno para aterrizar.

Cuando hay mucha actividad, el control de tránsito del aeropuerto asigna a los aviones patrones de espera que se siguen alrededor de dos o más radio ayudas, con una separación de 1000 pies (304.8 m) de altitud entre aviones. Cuando un avión aterriza, los demás descienden al siguiente nivel de 1000 pies, continuando el procedimiento hasta que les llega su turno de aterrizar.

Figura 8 Sistema de aterrizaje por instrumentos.



En la noche, la entrada a las pistas y los bordes de las mismas están marcados con luces. Las pistas equipadas para el aterrizaje por instrumentos pueden tener hileras, de luces colocadas a alturas decrecientes a medida que se aproxima el avión, y dispuestas transversalmente en la zona de aproximación. Esto ayuda al piloto a establecer visualmente su altura y su posición con relación a la pista. El color de los pares de luces indica al piloto si está en el curso apropiado de descenso, arriba, o debajo, (llamado sistema PAPI)<sup>7</sup>.

Al efectuar un aterrizaje por instrumentos, el piloto sigue un curso descendente. Puede recibir una indicación electrónica, acústica o visual, según sea el sistema que

<sup>7</sup> Precision Approach Path Indicator

lleva a bordo, que le indica si va siguiendo correctamente el curso de descenso. Viniendo desde la posición inferior del patrón de espera, el avión hace su aproximación final a 1200 pies (365.8 m) de altura aproximadamente y capta un curso preciso generado por señales electrónicas que le permite enfilarse a una pista y descender hasta un punto en que las luces de entrada son visibles. Los instrumentos instalados en la cabina le indican al piloto la posición que tiene el avión con respecto al curso que requiere el vuelo. El avión se dirige de manera que la aguja de un instrumento montada en el tablero del piloto quede centrada. Cuando lo está, el avión va siguiendo el curso correcto<sup>8</sup>. Los equipos electrónicos de precisión, incluyen un indicador del plano vertical que contiene al eje de la pista y su prolongación, actualmente asociado a un medidor de distancia DME, y un transmisor de inclinación de planeo de ultra frecuencia<sup>9</sup>.

La torre de control, observando y trazando por medio del radar la aproximación del avión, presta también una valiosa ayuda para orientar al piloto. Se han efectuado aterrizajes exclusivamente por instrumentos, con los controles acoplados electrónicamente al haz que señala el curso y sin que el piloto intervenga para nada. También el vuelo de crucero se puede dirigir por medio de un piloto automático.

Es necesario realizar nuevos avances para evitar las colisiones en los espacios aéreos congestionados que rodean a los aeropuertos. Se están investigando y aplicando diversos tipos de sistemas para evitar las colisiones. En uno de ellos se envían señales con intervalos de 7 segundos exactos desde un computador que se encuentra a bordo. Cada avión queda rodeado por una "burbuja" protectora. Cuando una burbuja entra en contacto con otra, una alarma audiovisual lanza una advertencia de 60 segundos. El computador analiza los cursos, velocidades y altitudes de los aviones que se aproximan e indica o inicia la maniobra más apropiada para evitar la colisión.

Existen sistemas de control de tránsito que lo coordinan registrando las asignaciones de espacio y rechazando automáticamente cualquier intento de asignar el mismo espacio a dos aviones simultáneamente.

Un auxiliar más para el aterrizaje por instrumentos es un sistema llamado "Microvisión", mediante el cual unas señales de radio enviadas desde los bordes de la pista forman frente al piloto una imagen. Así es posible aterrizar con visibilidad cero.

Se han producido colisiones en tierra, debido a la confusión, cuando los aviones ruedan entre las pistas y las rampas de carga y descarga. Se han inventado el radar a nivel de tierra y otros sistemas automatizados a fin de seguir el rastro a los aviones

<sup>8</sup> «VOR».

<sup>9</sup> «ILS»

que se mueven en tierra y dar a las rutas asignadas una protección similar a la que tienen en el aire.

#### **2.1.4 Señales.**

Esencialmente, una señal no es más que otro medio de comunicación. Es un método para dar información visual rápida y concisa a los pilotos de los aviones.

En todo aeropuerto se hace necesario la colocación de señales especiales que indiquen a la tripulación de las aeronaves el nombre del aeropuerto, las dimensiones de las pistas, su dirección de toma de tierra y todas aquellas indicaciones necesarias para que tanto de día como de noche, si así es necesario, se faciliten las operaciones aeronáuticas en el mismo. Todas estas señales deben cumplir con el requisito de tener una máxima visibilidad.

A continuación se enlistan las señales que todo aeropuerto debe tener:

- a) Señales de indicación del aeropuerto.
- b) Señales de obstáculos.
- c) Señales de indicación de la dirección del viento.
- d) Señales de aproximación.
- e) Señales de pistas.
- f) Señales en las calles de rodaje.

Indudablemente que no en todo aeropuerto son necesarias todas las señales por lo que generalmente se les reclasifica en:

- 1) Señales imprescindibles en todo aeropuerto
- 2) Señales de ayuda para despegue y aterrizajes.
- 3) Señales de circulación.

En las primeras, se tienen entre otras las indicadores de dirección del viento y las señales de obstáculo.

En la segunda reclasificación, se tienen las marcas en las pistas y las señales de aproximación.

La tercera reclasificación, se tienen las señales sobre las calles de rodaje y nombre del aeropuerto.



Las señales relativas a obstáculos, tales como: edificios, faros, etc. que sobresalgan de las zonas de protección de obstáculos, superficie horizontal del campo aéreo son necesarias en todo aeropuerto.

## **2.2 Áreas de Operación.**

Zona aeronáutica, que comprende los equipos, construcciones e instalaciones, que son utilizados durante las maniobras de las aeronaves.

**Pistas.** Área rectangular terrestre definida en un aeropuerto, preparada para que las aeronaves efectúen a lo largo de ella los recorridos de aterrizaje y de despegue.

**Calles de Rodaje.** Vía terrestre en un aeropuerto escogida ó preparada para el rodaje de las aeronaves y conectan las pistas con las plataformas.

**Plataformas.** Área terrestre definida en un aeropuerto destinada a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque ó desembarque de pasajeros ó carga, reaprovisionamiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

**Camino de Acceso.** Vía definida en un aeropuerto destinada para unir a éste con la carretera ó sistema de carreteras para el acceso y desalojo de pasajeros y carga, a la ciudad ó poblaciones a las cuales dé servicio.

**Estacionamientos de Automóviles.** Áreas definidas en un aeropuerto destinadas para el estacionamiento momentáneo de los vehículos de los pasajeros y/o de las personas que prestan sus servicios en el aeropuerto.

**Caminos Perimetrales.** Franja ó vía definida en un aeropuerto destinada para efectuar recorridos de reconocimiento dentro del área del aeropuerto ó para dirigirse a alguna posición en la pista o pistas sin transitar por éstas.

**Área Terrestre.** Zona no aeronáutica que comprende las construcciones, instalaciones y equipo que sirven para atender a los pasajeros y al público en general.

## **2.3 Medidas de Eficiencia.**

### **2.3.1 Capacidad, Demanda y Demora.**

La capacidad se refiere generalmente a la posibilidad en que un aeropuerto puede manejar una solicitud de servicios, (demanda). La posibilidad tiene un nivel de servicio que no debe ser excedido sin incurrir en un conflicto operacional. Pues si la demanda para el uso de un aeropuerto se acerca a este valor, los servicios comienzan a congestionarse, y se experimentan retrasos. Generalmente, cuanto más alta es la demanda en lo referente a capacidad, más largas son las esperas y existen mayores demoras.

Las soluciones a este tipo de problemas generalmente causados por operaciones de los aeropuertos, líneas aéreas, etc. son construir instalaciones adicionales o encontrar la manera de hacer el uso más eficiente de las instalaciones existentes en los aeropuertos congestionados, que quizás sea más atractivo aunque no siempre factible ,ya que requiere menos inversión y evita muchos de los problemas con el aumento de tamaño del aeropuerto. Una tercera opción más compleja para aumentar la capacidad es la derivación de la demanda a otros aeropuertos.

#### **2.3.1.1 Capacidad.**

Hay dos definiciones de uso común para la capacidad de un campo aéreo: "rendimiento total o capacidad máxima" y "capacidad práctica". La definición de rendimiento total de la capacidad, es el ritmo al que puede darse entrada o salida a una aeronave, sin considerar ningún retraso que pudiera sufrir (controlado). Esta definición da por hecho que la aeronave siempre estará presente esperando para despegar o aterrizar, es decir una demanda continua, y la capacidad se mide en función del número de operaciones de este tipo que se pueden realizar en determinado período.

La capacidad práctica es el número de operaciones (despegues y aterrizajes) que pueden programarse con un tiempo máximo de retraso, normalmente expresado como el retraso promedio máximo aceptable. La capacidad práctica por hora (PHOCAP) y la capacidad práctica anual (PANCAP) son dos medidas de uso común basadas en esta definición. La PANCAP, por ejemplo, se define como el nivel de operaciones que da como resultado un máximo de cuatro minutos de retraso promedio por aeronave en el período de operación pico normal de dos horas, bajo condiciones IFR.

Una diferencia importante entre las dos definiciones mencionadas es la de que una incluye el concepto de demora y la otra no.

### **2.3.1.2 Demora.**

Las demoras o retrasos ocurren en un aeropuerto siempre que dos o más aviones busquen utilizar las pistas, calles de rodaje o plataformas, incluso en algunas ocasiones el retraso puede ocurrir cuando la demanda es baja en lo referente a la capacidad. Cuando la demanda excede la capacidad prefijada existe una acumulación de aviones que aguardan realizar alguna operación. Por ejemplo, si la capacidad de rendimiento del aeropuerto es de 60 operaciones por hora y la demanda es de 70 operaciones por hora, a cada hora se le agregaran 10 operaciones a las líneas que aguardan el servicio y 10 minutos de retraso a cualquier avión subsecuente que deba realizar algún tipo de operación, incluso si la demanda fuera más adelante de 40 operaciones por hora, el retraso persistiría por mas tiempo.

Influyen también como se especificará más adelante otros factores en el retraso como lo son las condiciones meteorológicas, las características de la zona aeronáutica, las características del tránsito aéreo, etc.

### **2.3.1.3 Demanda.**

Una de las tareas más importantes es el que se puedan llevar estadísticas del número de operaciones de un aeropuerto. Esto es con el fin de determinar la tasa media anual de crecimiento histórica de tránsito aéreo y pasajeros y así poder aplicar dicha tasa en la fórmula de proyección del crecimiento del número de operaciones.

En la determinación de las necesidades del aeropuerto, es necesario pronosticar los distintos tipos de categorías de aeronaves que estarán destinados a utilizar dicha infraestructura. La planificación del aeropuerto debe estar pendiente de los avances tecnológicos en el diseño de aviones para así poder contar con una adecuada zona aeronáutica.

## **2.3.2 Generalidades del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM).**

El AICM dista a 6 Km. en línea recta del centro de la Ciudad de México en un predio que actualmente tiene 750. Ha. Durante 2002 dio servicio a más de 20 millones de

pasajeros, distribuidos en un poco menos de 300,000 operaciones aéreas, de las que el 91.2% se realiza entre las 6:30 y las 23.30 horas.

Por su relación entre cantidad de pasajeros y de operaciones ocupa el lugar 48 entre los principales del mundo<sup>10</sup>.

En el país, los pasajeros en aviación comercial regular sumaron alrededor de 40 millones en el año 2000 lo que representó el 2.67% del total global. El AICM contribuyó con la mitad de ello, por lo mismo, con la mitad del porcentaje.

La limitada capacidad para realizar operaciones que el AICM tiene, obliga a pensar en la necesidad de un cambio de ubicación en un plazo muy próximo.

### 2.3.3 Análisis de la Demanda

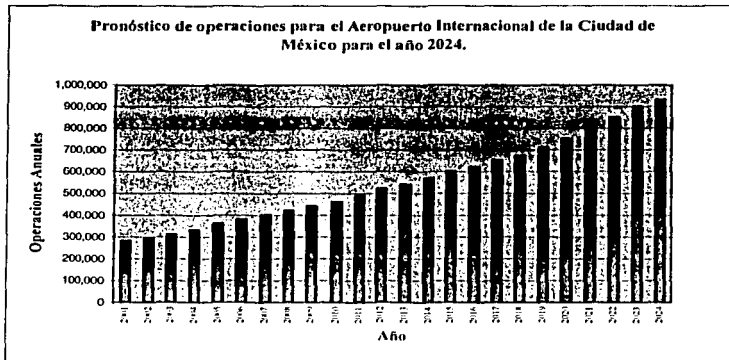
Aeropuertos y Servicios Auxiliares tiene conformado un sistema estadístico por grupo de aeropuertos o unidades de negocio. Por cada una de estas unidades, se tienen los registros anuales del número de operaciones a partir del año de 1992 hasta 1997. Muchos aeropuertos presentan tasas medias de crecimiento anual negativas, debido principalmente a la crisis económica que se presentó a finales del año 1994.

Para el caso del Aeropuerto Internacional de Ciudad de México (AICM), en el año de 1994 se realizaron alrededor de 300,000 operaciones (incluyendo la aviación general con alrededor de 70,000), alcanzando su punto más alto; en 1996 disminuyó a 236,000 operaciones anuales (de las cuales 220,598 fueron comerciales). Pero ya para 1998 tuvo un repunte alcanzando casi las 275,000 operaciones (255,353 de las cuales fueron comerciales) y, el tope de mas de 300,000 operaciones se prevé que se logre próximamente.

---

<sup>10</sup> Revista: Ingenieros y Arquitectos, año 4, No 11, México 2001.

Figura 9 Escenarios de crecimiento de Tráfico aéreo para el AICM.



Fuente: Revista: Ingenieros y Arquitectos, año 4, No 11, México 2001.

Desde luego que esas operaciones tope anuales no pueden ser comparables con las logradas en 1994<sup>11</sup>, ya que hoy en día el movimiento está constituido casi en su totalidad por grandes turbo reactores que causan una congestión mayor en los sistemas y esto, en el futuro inmediato, habrá de complicarse en función de que la tendencia mundial está enfocada a equipos con una mayor capacidad de pasajeros.

Estudios hechos por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Así como por Aeropuertos y Servicios Auxiliares y otras entidades, muestran cifras similares que indican una falta severa de capacidad en los primeros años de esta década y un posible crecimiento de la demanda hasta más de 900,000 operaciones anuales en las próximas tres décadas.

En estudios recientes se piensa que las expectativas mundiales de crecimiento del movimiento aéreo a largo plazo que para la zona geográfica en la que está localizado México, tiene empresas como Boeing (5.4% anual), Airbus (4.2% anual) y organismos internacionales como OACI (5.1% anual).

Las dos grandes constructoras de aviones, Boeing y Airbus, decidieron hace muy poco tiempo políticas de diseño distintas. Airbus se propone construir aviones de gran capacidad —de 500 a 600 pasajeros— para vuelos intercontinentales. El concepto de

<sup>11</sup> No hay cambios destacados de 1994 al 2002.

Boeing es producir aviones con mayor velocidad y capacidad mucho menor para atraer así a la clientela que representa el margen de utilidad para las aerolíneas y dejar para su competidor el mercado masivo y de escaso margen.

Las pistas del AICM no pueden atender el tipo de aviones que esta diseñando Airbus y parece incosteable llevar a cabo las inversiones necesarias.

Figura 10 Nuevo Airbus 380 con capacidad para mas de 600 pasajeros.



Fuente: [www.airbus.com](http://www.airbus.com)

#### 2.3.4 Análisis de la Capacidad.

La capacidad de un sistema de pistas se define como el número promedio de operaciones de llegada y salida por hora que un arreglo determinado y número de pistas puede manejar, en un aeropuerto bajo condiciones normales.

Las capacidades de los sistemas de pistas se calculan empleando modelos como el conocido "Modelo de Capacidad de Campo de Aviación de la FAA"<sup>12</sup> u otros mejorados como los MITRE<sup>13</sup> y otras universidades y organismos. Aunque la capacidad real de un aeropuerto para una hora determinada resulta a veces mayor que la calculada en dichos modelos, las capacidades teóricas han demostrado ser

<sup>12</sup> Federal Aviation Administration – Sewdsh, 1981

<sup>13</sup> Massachusetts Institute of Technology Research and Engineering.

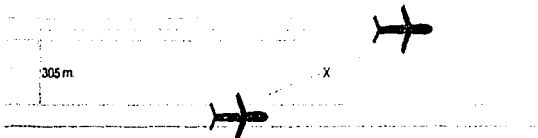
muy eficientes. Estos modelos toman en cuenta todas las variables que afectan la capacidad de un aeropuerto como son:

- Velocidad de aproximación de las llegadas.
- Tiempo de ocupación de la pista por una aeronave que llega o sale.
- Diferentes tipos de aviones que utilizan el aeropuerto.
- Procedimientos de CTA (Control de Tránsito Aéreo, incluyendo separaciones mínimas para diferentes condiciones meteorológicas.
- Arreglo geométrico de las pistas y su equipamiento.
- Diferentes velocidades de aproximación.

En el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) hay dos pistas paralelas separadas por tan sólo 305 m, lo que impide las operaciones simultáneas. Sólo permite el uso alternado de las pistas.

Además la separación mínima entre aeronaves debe ser de 5 millas náuticas<sup>14</sup>, lo que resulta superior a las recomendaciones de la Organización de la Aviación Civil Internacional (ICAO), pero necesaria dada la altura sobre el nivel del mar a la que se encuentra el AICM. La separación normal de las salidas es de un minuto, pero ésta se eleva a dos minutos si la aeronave que salió primero era pesada (más de 300,000 lb. Como peso de despegue).

Figura 11 Situación actual de las pistas del AICM.



Fuente: Revista: Ingenieros y Arquitectos, año 4, No 11, México 2001.

Algunos organismos han proporcionado los siguientes datos que sirven para evaluar la capacidad del AICM (Estos tiempos son en tierra, en aterrizajes el tiempo real de ocupación se incrementa desde que la torre autoriza el aterrizaje a 3-5 millas de umbral): 8% de los aviones son de turbohélice, con una estancia en pista de 48 segundos en promedio; 31% son turborreactores menores con una estancia en pista de 56 segundos; 57% son turborreactores mayores con una estancia en pista de 59 segundos y el resto son aeronaves pesadas que permanecen en pista

<sup>14</sup> 1 milla náutica equivale a 1,853 m = 1.853 Km.

aproximadamente 62 segundos. Las velocidades de aproximación varían desde 150 nudos para los turbohélice y hasta 180 nudos para los pesados.

De acuerdo a los estudios hechos por organismos nacionales como la UNAM y la SCT, se tienen las siguientes capacidades en el AICM:

*Para aumentar la capacidad de un aeropuerto se debe ampliar el número de pistas y la separación entre ellas por motivos de seguridad. Por ejemplo, para aproximaciones paralelas independientes es necesario que los ejes de pista tengan una separación mínima de 1310 m (el requisito es que la separación diagonal mínima entre aeronaves que se aproximan a pistas adyacentes sea, al menos 1.5 millas náuticas (nmi) y probablemente debiera ser mayor para la altura del AICM y las opciones que hoy se consideran.*

**Figura 12 Separación mínima entre pistas paralelas establecida por la "FAA".**



*Fuente: Revista: Ingenieros y Arquitectos, año 4, No 11, México 2001.*

Las normas de la FAA exigen al menos una separación entre ejes de pista de 1,310 m, si se utiliza un radar de alta precisión con un intervalo de actualización de 1.0 segundos, y una pantalla digital de color de alta resolución con mecanismos de alerta conocidas como ayudas de Monitoreo Final (FMA).

Hay que recordar que las demoras en llegadas es la cantidad de tiempo que pierden las aeronaves en el aire por no poder aterrizar al congestionarse el aeropuerto, en un período de 24 horas. La experiencia ha demostrado que las demoras promedio por avión que excedan de 5 minutos están indicando un aeropuerto sumamente congestionado; más que eso, como por ejemplo demoras de 8 minutos hacen el sistema crítico.

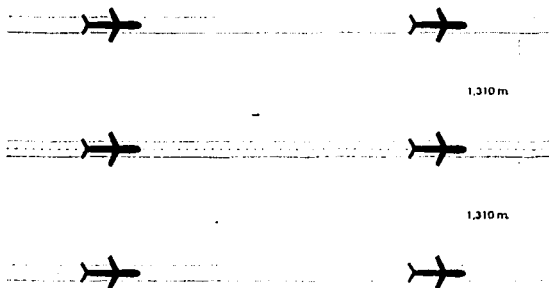
Con base en los estudios del Instituto de Ingeniería de la UNAM, el AICM se iba a congestionar cuando se llegara a las 250,000 operaciones anuales y se tomaría crítico con 330,000 operaciones, nivel que ya se pudo alcanzar en el 2001. Ésta no es



sino otra forma de plantear y de afirmar la necesidad de ampliar la capacidad del AICM.

De esta manera se piensa que para México son necesarias dos pistas simultáneas antes del 2010 y se piensa en tres pistas simultáneas<sup>15</sup> antes del 2020 (2015 con crecimientos altos), y de esta manera aumentar la eficiencia del aeropuerto.

**Figura 13 Separación mínima entre tres pistas establecida por la "FAA".**



*Fuente: Revista: Ingenieros y Arquitectos, año 4, No 11, México 2001.*

### 2.3.5 Normas que inciden en el diseño de ubicación de las pistas para operaciones alternas y simultáneas.

En el caso del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) se encuentra a una elevación de 2,237.5 msnm y cuenta con dos pistas paralelas de uso alterno, con una separación de ejes de 305 m. La pista 05D/23I, con una longitud de 3,900 m. Tiene ambos umbrales con ILS Categoría I. La pista 05I/23D tiene una longitud de 3,846 m.

Casi todas las operaciones ocurren hacia el noreste, siendo comúnmente segregadas (por una pista salen los vuelos y la otra se dedica a llegadas). Las operaciones simultáneas son imposibles.

<sup>15</sup> Aunque no esta plenamente justificado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La capacidad máxima de este sistema de pistas se ha estimado en aproximadamente 300,000 operaciones anuales (un aterrizaje o un despegue es una operación). La altura del aeropuerto obliga a velocidades altas en la aproximación final y reduce la capacidad de las aeronaves para ascender durante los despegues.

La máxima pendiente longitudinal de las pistas debe ser igual o menor al 1.5% y no rebasar el 0.8% en las cabeceras de las pistas hasta alcanzar la cuarta parte de su longitud. Las pendientes transversales máximas son:

- Dentro de la pista: 1% a 1.5%
- Márgenes laterales: 1.5% a 5%
- Franjas de seguridad: 1.5% a 3%

### **2.3.6 Factores que Afectan la Operación Aeroportuaria.**

La capacidad de un aeropuerto no es constante; puede ser que varíe considerablemente durante el día o el año como resultado de factores físicos y operacionales tales como la geometría del campo de aéreo, el espacio aéreo, las reglas y los procedimientos del control del tránsito aéreo, tiempo, y mezcla de aviones.

Muchas de las estrategias para la acertada dirección de un aeropuerto, implican el idear la manera de compensar factores que, individualmente o en combinación pueden bajar la capacidad aeroportuaria dando lugar a demoras. Estos factores se pueden agrupar en cinco categorías:

- 1) Características de la zona aeronáutica.
- 2) Características del espacio aéreo.
- 3) Condiciones del control del tránsito aéreo.
- 4) Condiciones meteorológicas.
- 5) Características de la demanda.

#### **2.3.6.1 Características de la Zona Aeronáutica.**

Las características físicas y la disposición de pistas, calles de rodaje, y plataformas son básicas para realizar maniobras con varios tipos de avión. También es importante el tipo de equipo (la iluminación, las ayudas para la navegación, el radar, y similares)

que se instalan en su totalidad o en segmentos determinados para cualquier configuración dada de pistas y de calles de rodaje en uso.

### **2.3.6.2 Características del Espacio Aéreo.**

La situación de la zona aeronáutica de un aeropuerto en lo referente a aeropuertos próximos, en lo referente a obstáculos y a características naturales del medio ambiente determina las rutas en el espacio aéreo que se pueden tomar hacia y desde el aeropuerto. Básicamente, la geometría del espacio aéreo para un aeropuerto dado no cambia en un cierto plazo; sin embargo, cuando hay dos o más aeropuertos próximos, las operaciones de un aeropuerto pueden interferir con las de otro, obligando a cambiar de ruta a alguno de los aviones para evitar un posible conflicto.

En algunos casos, las características de las vías de acercamiento y salida para los aeropuertos próximos pueden forzar a uno para llevar a cabo salidas hasta que aterrice el otro avión y así despejar el espacio aéreo o hacer necesario que cada permiso para realizar alguna operación abra secuencias de llegada o de salida para acomodar el tránsito en el otro.

### **2.3.6.3 El Control del Tránsito Aéreo (CTA).**

Los procedimientos y las reglas del control del tránsito aéreo, previstos sobre todo para asegurar la seguridad de vuelos, son determinantes básicos de la capacidad del aeropuerto y las demoras. Las reglas que gobiernan la separación entre aviones, la ocupación de pistas, el espaciamiento de llegadas y de salidas, y el uso de pistas paralelas o convergentes pueden tener un efecto total en el rendimiento de procesamiento o pueden inducir a retrasos entre las operaciones sucesivas. Las reglas y los procedimientos del CTA tienen una influencia especialmente importante en la capacidad y demoras en los aeropuertos en donde dos o tres pistas pueden estar en uso al mismo tiempo o donde puede haber varias secuencias de llegada que se deben combinar en una vía de acercamiento final. Otro factor que afecta la capacidad aeroportuaria a ciertas horas del día es el ruido ocasionado por los aviones, actualmente existen procedimientos de disminución de ruido adoptados por la OACI, la FAA, y por autoridades locales de los aeropuertos. Éstos toman generalmente la forma de restricciones áreas en el espacio aéreo o la reducción ruido-sensible (o la prohibición absoluta) de operaciones durante ciertas horas.

Estas medidas del control de ruido pueden hacer que un factor adverso afecte la capacidad. Por ejemplo, la configuración de las pistas con la capacidad más alta no se puede usar a veces, porque conduce a niveles de ruidos inaceptables, en los

alrededores. Así mismo, algunos procedimientos de la disminución de ruido implican tomar rutas de vuelo indirectas, las cuales pueden aumentar los retrasos. El aeropuerto debe hacer así una compensación entre la capacidad real y el control del ruido, dando como resultado generalmente, una cierta pérdida de capacidad o aumento de demoras.

### **2.3.6.4 Condiciones Meteorológicas.**

La capacidad de un aeropuerto es generalmente más alta en tiempo despejado, cuando la visibilidad es mejor. Precipitación pluvial, vientos fuertes cruzados, o la acumulación de nieve o de hielo en la pista puede disminuir seriamente la capacidad del aeropuerto. Incluso un fenómeno tan común como el viento fuerte puede interrumpir las operaciones; si no se tienen las medidas adecuadas, la capacidad del aeropuerto se puede reducir mientras prevalece el viento. Un aeropuerto grande con múltiples pistas puede tener varias opciones de uso, algunas de las cuales pueden bajar substancialmente la capacidad de las otras. Para la mayoría de los aeropuertos, el efecto combinado del tiempo, la configuración de las pistas, y las reglas del CTA, son los factores que dan lugar a la pérdida más severa de capacidad. Mucho del esfuerzo para reducir las demoras en un aeropuerto, es el empleo de una adecuada estrategia de la gerencia y la instalación de tecnología mejorada, esta estrategia se enfoca reduciendo al mínimo la disparidad entre las condiciones meteorológicas visuales (VMC) y la capacidad de las condiciones meteorológicas por instrumentos (IMC). Las condiciones meteorológicas visuales (VMC) son las que permiten a los pilotos acercarse, aterrizar o evitar acercarse demasiado a otro avión cuando las condiciones atmosféricas lo permitan.

Las condiciones meteorológicas por instrumentos (IMC) son en las que otro avión no puede ser visto y la separación segura debe ser solamente por las reglas y los procedimientos del CTA. Bajo IMC, los pilotos deben también confiar en los instrumentos para la navegación y la dirección hacia la pista.

### **2.3.6.5 Características de la Demanda.**

La demanda —no sólo el número de aeronaves que solicitan servicio, sino también sus características de desempeño y la manera en que usan el aeropuerto— tiene un importante efecto en la capacidad y la demora. La relación básica entre la demanda, la capacidad y la demora descritas anteriormente es que a medida que la demanda se acerca a la capacidad, se genera un aumento pronunciado en las demoras. Sin embargo, para cualquier nivel de demanda, la combinación de las aeronaves en relación con la velocidad, el tamaño, las características del vuelo y la competencia del piloto también determinarán el ritmo al que pueden manejarse y las demoras que pueden producirse. Los desfases de velocidad o tamaño entre las sucesivas

aeronaves, por ejemplo, puede obligar a los controladores de tránsito aéreo a aumentar la separación y, por ende, a reducir el ritmo al que las aeronaves pueden recibir o no-autorización para la pista.

Para cualquier nivel de demanda, la distribución de llegadas y salidas y la medida en que se aglomeran en vez de espaciarse de manera uniforme también determinan la demora que se producirá. En parte, esta tendencia a que el tránsito alcance su nivel máximo en ciertos momentos es una función de la naturaleza de los vuelos que usan el aeropuerto. Por ejemplo, en los aeropuertos con una alta proporción de operaciones centro-radiales (hub and spoke), donde los pasajeros aterrizan en el aeropuerto únicamente para conexión con otro vuelo, el patrón de vuelos se caracteriza por bloques de llegadas y salidas estrechamente espaciados. Ajustar este patrón puede ocasionar demoras mucho mayores que distribuir y entremezclar de manera mas uniforme los vuelos de llegada y de salida.

## CAPITULO 3

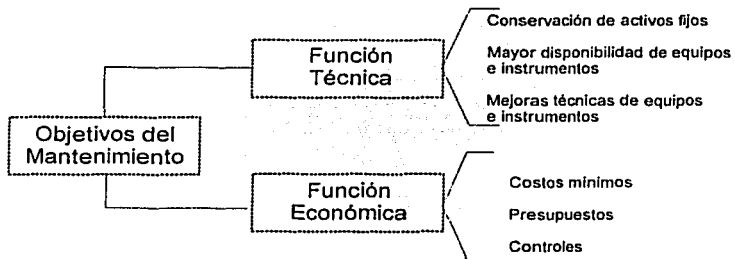
### 3. MANTENIMIENTO DE AEROPUERTOS

#### 3.1 Objetivos

El dar un adecuado mantenimiento a instalaciones, equipos y construcciones, no es un gasto superfluo sino que representa economía para el Aeropuerto, por lo tanto se consideran los siguientes objetivos del mantenimiento en aeropuertos:

- Maximizar la vida útil de equipos, instalaciones y construcciones, para disminuir las paradas imprevistas y los defectos operativos.
- Mejorar las operaciones aeroportuarias con el fin de aumentar la eficiencia, seguridad y calidad en los servicios que se prestan.
- Optimizar costos del Aeropuerto.

Figura 14 Funciones y objetivos del mantenimiento.



#### 3.1.1 Definición de Mantenimiento.

El mantenimiento es el conjunto de actividades desarrolladas con el fin de que una instalación, un equipo o una construcción, funcionen en condiciones óptimas, disminuyendo al máximo la evolución de los deterioros.

Para poder aplicar cualquier mantenimiento es necesario saber lo que se va a mantener, si se tratara de una construcción como lo es un edificio, es necesario contar con los planos correspondientes: arquitectónicos, eléctricos, sanitarios, de teléfonos o intercomunicación, de instalaciones sanitarias, etc., así como el tipo de servicio que prestan; si se tratara de una instalación deberá saberse, cuál es la función de esa instalación, cuáles son sus componentes, cuales son las características generales de su servicio; dicho de otra manera, es necesario hacer un inventario de todas aquellas construcciones, drenajes, instalaciones y equipo que se va a mantener.

Al estar una obra en operación esta se va deteriorando, presentando diferentes condiciones de servicio a través de los años. Los deterioros que se van teniendo, al principio pueden no ser tan importantes, sin embargo estos pueden ser la causa de serios problemas, que aceleren su deterioro, por lo que, para que una obra proporcione un servicio adecuado requiere de mantenimiento, para que cuando menos incremente su vida de proyecto.

Una vez que se ha efectuado un inventario de las construcciones, drenajes, instalaciones y equipo que se pretende mantener, ya es posible cuantificar las horas-hombre necesarias para la aplicación del mantenimiento, y se podrá hacer un organigrama en el que se indiquen las interdependencias de las funciones del personal encargado del mantenimiento y la lista de las herramientas y equipos necesarios.

Es muy importante que las personas que tienen a su cargo el mantenimiento estén debidamente capacitadas e interiorizadas de las particularidades y especificaciones del equipo, instalaciones o construcciones que se han de confiar a su mantenimiento. Ya que manos inexpertas pueden provocar una destrucción acelerada de las áreas de mantenimiento que tengan a su cuidado.

De nada servirá la óptima preparación de un personal capaz sino se le proporciona la herramienta necesaria ni el material suficiente, ni las órdenes precisas, ni la verificación oportuna de todas aquellas partes que requieren mantenimiento, por lo tanto es muy importante que el personal cuente con todos los elementos enumerados anteriormente a su disposición para que pueda efectuar sus labores adecuadamente.

### **3.1.2 Necesidad del Mantenimiento.**

Debido a que los materiales con que se cuenta para construir no son eternos y máxime aquellos que se encuentran a la intemperie sufren desgaste o deterioro, en ocasiones anormales debido a condiciones extraordinarias de uso, debe pensarse en

su cuidado y mantenimiento, inclusive en su cambio total, cuando así se requiera, por lo tanto cualquier estructura o instalación que esté sujeta a la exposición de los elementos; esta destinada a deteriorarse. El mantenimiento efectivo y constante es el único camino seguro para que el deterioro se reduzca al mínimo.

El carecer de un mantenimiento adecuado es la causa mayor de deterioro. Se conocen muchos casos en que las fallas de un elemento "drenaje, pavimento, instalaciones y servicios" se atribuyen directamente a una actitud indiferente hacia su conservación y la consecuente ausencia de un programa de mantenimiento.

Por lo anterior es claro que debe de contarse con un programa de mantenimiento que incluya todos y cada uno de los elementos que contengan las instalaciones de cualquier aeropuerto.

Como se podrá ver más adelante, la diversidad de equipos y materiales que requieren de mantenimiento obliga a pensar en que la organización de estos servicios debe estar cuidadosamente estudiada y disponer de los medios adecuados para su ejecución y que además, dentro de la operación del aeropuerto su programación reviste gran importancia y en muchos casos debe tener prioridad sobre otras funciones, (en el caso de las pistas, calles de rodaje y plataformas), dada la importancia que el mantenimiento representa para la seguridad aeronáutica.

El grado de eficiencia requerida en el mantenimiento aeroportuario debido a su influencia en la operación, es precisamente el factor que lo diferencia de los mismos servicios que se ejecutan en otros sistemas de transportación tales como carreteras, ferrocarriles, etc.

### **3.2 Tipos de Mantenimiento**

El mantenimiento se ha dividido a través del tiempo en mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y mantenimiento emergente. En algunas ocasiones también se aplica el concepto de mantenimiento avanzado<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> El Mantenimiento Avanzado generalmente se refiere cuando a un equipo o instalación se le da mantenimiento preventivo, y se aprovecha la oportunidad para atender otros componentes y así reducir tiempos de suspensión del servicio.



### 3.2.1 Mantenimiento Preventivo<sup>17</sup>.

El mantenimiento preventivo implica el cambio de una pieza antes de que falle, y se aplica de acuerdo a las especificaciones y recomendaciones del fabricante de los equipos ó de acuerdo con la experiencia obtenida en otras actividades similares. Este tipo de mantenimiento se puede programar.

Este mantenimiento, es aquel que nos da la oportunidad de implementar en la operación de la infraestructura aeroportuaria, programas de conservación rutinaria y rehabilitación menor, cuya finalidad es incrementar la vida útil de la infraestructura en condiciones de operatividad adecuadas y seguras.

Este tipo de mantenimiento, refleja incrementos cuantiosos de capital que se hacen necesarios y que debe destinar el aeropuerto para desempeñar tales labores. Sin olvidar, los resultados obtenidos a cambio, permiten disminuir las erogaciones en reconstrucciones de infraestructura y suspensiones del servicio que sin lugar a dudas son mucho más costosas.

Frecuentemente dentro del mantenimiento preventivo se incluye al mantenimiento rutinario, que es el conjunto de tareas repetitivas de servicio, dentro del mantenimiento, realizadas a un bien físico. De hecho este tipo de mantenimiento debe crear hábito, debe efectuarse por costumbre. Generalmente este mantenimiento es efectuado por personal de operación.

### 3.2.2 Mantenimiento Correctivo.

Este tipo de mantenimiento es impredecible e implica la reparación de una falla, también es llamado mantenimiento de contingencia, requiere de una cierta cantidad de horas hombre y erogaciones por adquisición de material, equipo y herramienta especial; sin embargo, es posible calcular con cierto margen de error, después de haber trabajado en este tipo de mantenimiento, la cantidad de horas hombre y el costo de materiales. Las tareas que se desarrollan fundamentalmente son de reparación y reemplazo.

El mantenimiento correctivo es aquel en donde se tienen que realizar reestructuraciones completas de la infraestructura, ya sea por falta de un adecuado mantenimiento preventivo o por problemas de otra índole. Este tipo de mantenimiento

---

<sup>17</sup> Algunos autores mencionan como subdivisión del mantenimiento preventivo al mantenimiento, predictivo, periódico, analítico, progresivo y técnico.

afecta considerablemente los tiempos de servicio, pues se realiza por lo general a gran escala y con amplios períodos de ejecución.

Los costos para realizar este mantenimiento, pueden en determinado momento ser mucho mayores que los destinados a implementar programas de mantenimiento preventivo; de esta manera es de vital importancia contar con un adecuado programa de rehabilitación y conservación que permita a las instalaciones aeroportuarias, tener una vida útil aceptable, y con las menores inversiones posibles para su operación.

### 3.2.3 Mantenimiento Emergente.

Este tipo de mantenimiento se da cuando se presentan fallas no previsible provocando emergencias en instalaciones y equipos, interrumpiendo el servicio y aumentando los costos. Es difícil fijar el valor anual de estos costos, pero se pueden generar guías de costos por experiencia en años pasados.

### 3.3 Programación

La importancia de la programación del mantenimiento es la de mantener en el trabajo un balance adecuado entre la capacidad y las cargas. Esta programación mostrará la naturaleza y la magnitud de las tareas, el total de horas-hombre requeridas para ejecutarlas, de tal forma que sea posible hacer una mejor distribución de las labores y obtener como resultado, un mayor rendimiento del personal.

La programación de los trabajos de mantenimiento deberá ser en un principio del tipo general y conforme se avance en experiencia, se podrá llegar a la programación detallada.

Entre los factores más importantes que intervienen en la programación se encuentran los siguientes:

- a) Marcar Objetivos.
- b) Organizar y definir responsabilidades.
- c) Definiciones (palabras y terminología usual para lograr una correcta comunicación).
- d) Conceptos (procedimientos y técnicas que se utilizan en el mantenimiento).
  - 1) Inventario (sobre planos actualizados).
  - 2) Inspecciones (durante y después de la reparación)

### 3) Solicitudes de mantenimiento.

#### 3.3.1 Planeación del Trabajo.

La planificación del trabajo de mantenimiento es una función que se logra trabajando en estrecha coordinación con los trabajadores, jefes de taller, supervisores y jefes de mantenimiento, la cual nos llevará a determinar los dos conceptos más importantes que son:

- Que solo se realice el trabajo necesario a menos que se planeé aprovechar los recursos para realizar mantenimiento avanzado. y
- Que se cumpla del modo más efectivo en tiempo y recursos.

La planificación del trabajo de mantenimiento nos permite trazar un camino para el mantenimiento ya que es un elemento básico de la técnica del "Control de Trabajo", cuya función primordial es la de prever y controlar los costos.

Otras consideraciones básicas, que junto con la planificación del trabajo y en el orden aproximado de su aplicación forman parte integral del control del trabajo de mantenimiento, son:

- 1) Un sistema de ordenes de trabajo para la organización y autorización del mismo.
- 2) Un sistema de prioridad de trabajo para controlar las secuencias del mismo.
- 3) Un procedimiento de estimación para determinar la magnitud y costos de las tareas.

#### 3.3.2 Tiempo Promedio para Trabajos de Mantenimiento.

Un tiempo promedio de mantenimiento es aquel que se debe tomar como base para realizar un trabajo específico como los que son ejecutados diariamente por obreros especializados como plomeros, electricistas, carpinteros, etc. El valor de ese tiempo es aquel que se debería tardar en reponer algún accesorio de un lavabo ó sanitario, cambiar una balaustrada en una unidad iluminación, reparar un escritorio ó ajustar alguna puerta, etc.

Las combinaciones de las tareas de mantenimiento que suelen presentarse en los aeropuertos son muchas y varían en las condiciones de trabajo, por lo tanto, en la duración del tiempo para llevarlas a cabo, muchas de ellas pueden ser repetitivas y otras quizá, no se vuelvan a presentar dentro de la vida útil. Las condiciones de

trabajo pueden ser las mismas solamente en algunas ocasiones, siendo todas éstas las variantes que hacen difícil de establecer los que se está llamando tiempos promedio de mantenimiento.

La forma en que se pueden establecer valores promedio es usando algunos métodos que con la práctica se vayan acercando a los tiempos promedio requeridos.

Algunos de ellos son:

- 1) Suposiciones.
- 2) Estimaciones.
- 3) Análisis estadísticos de rendimiento anteriores.
- 4) Estudios de tiempos y movimientos.
- 5) Observaciones ó comprobaciones.
- 6) Otros.

Con la aplicación de estos métodos en los trabajos desarrollados diariamente, la observación de los mismos y el análisis de las órdenes de trabajo, se llegará a obtener valores que servirán en la aplicación de los programas, así como en el desarrollo propio del control de trabajo.

Las formas objetivas de utilización de los tiempos en el mantenimiento son muy variadas, siendo algunas de ellas las siguientes:

- Dentro de los diferentes talleres o especialidades de trabajo, los jefes de taller, supervisores ó los propios jefes de mantenimiento, pueden estimar el tiempo probable del trabajo asignado a los empleados.
- Asegurar que, en el mayor grado posible, se marque trabajo para cada uno de los trabajadores desde el día anterior al que tenga que realizarse, tomando en cuenta las herramientas, equipos y materiales de que se disponga en cada aeropuerto; de acuerdo al programa establecido.
- Trasladar el trabajo que se tiene programado en ordenes de trabajo a términos de horas-hombre, número de trabajadores requeridos y el tiempo estimado.

### **3.3.3 Determinación de la Prioridad del Trabajo.**

Asignar trabajos a las distintas especialidades, de acuerdo con la prioridad y la mano de obra disponible y usarlos como guía en:

- a) Aumentos y disminuciones de la mano de obra.

- b) De ser necesario, asignación de tiempo extra de trabajo.
- c) Considerar la necesidad de contratar trabajos con compañías del lugar o foráneas; sí es que la especialidad no existiese en la zona, ó la que hubiese sea mediocre ó no convenga a los intereses del aeropuerto.

Todo el trabajo de mantenimiento que se tenga que realizar servirá como base para clasificar y sumar las cargas de trabajo y dividir las en términos de números de semanas por especialidad; con esto se irán obteniendo valores que normarán el criterio en los jefes de taller, supervisores ó jefes de mantenimiento al analizar las ordenes de trabajo para obtener los valores de tiempo promedio, los cuáles a su vez nos permitirán establecer el control de los trabajos.

### 3.3.4 Métodos y Medición del Trabajo.

Contribución muy importante a la programación del mantenimiento es el estudio de los métodos de trabajo y la medición de los mismos.

Se debe partir de analizar los métodos actuales de trabajo de todo el personal en las diferentes áreas, anotarlos y no caer en el error de cambiarlos en forma inmediata si los consideramos no satisfactorios. Es muy acertado hacer partícipe al trabajador, al jefe de taller, supervisor, encargado ó jefe de mantenimiento, solicitándoles sugerencias y tratar de tenerlos interesados en el cambio, de tal forma que les sea imposible permanecer indiferentes. Conviene muchas veces formar un pequeño comité con las personas más involucradas y nombrar como representante a un jefe de taller el cuál nos dará casi una inmediata respuesta de actividad al cambio deseado.

Una vez que hayan sido perfeccionados los métodos de trabajo, los trabajadores deben ser adiestrados.

Antes de que un trabajo pueda medirse<sup>18</sup>, debe existir un método mediante el cuál los elementos de trabajo se perfeccionen.

Si llevamos a cabo un cambio en los métodos de trabajo, debemos revisar el tiempo requerido para efectuar una tarea bajo el nuevo método.

Las formas de medición del trabajo de mantenimiento que se utilizan en la industria son variadas, teniendo una labor muy importante la participación de la ingeniería

<sup>18</sup> La medición implica comparar con un parámetro supuesto óptimo.

industrial quien ha tomado la especialización de éstas técnicas mediante la lógica de la ingeniería especializada, ya sea eléctrica, mecánica, etc.; creando perfeccionamientos sólidos dentro del rango de su función.

Dentro de los métodos que se utilizan en las industrias y actualmente en algunos aeropuertos de la República Mexicana, figura el uso de programas de cómputo bajo un sistema de clasificación automatizado, modificado a las necesidades específicas de los aeropuertos aplicables a "Ordenes de Trabajo", por medio de las cuales se autoriza la realización de los trabajos. Su utilización ofrece a los programadores, jefes de mantenimiento y autoridades superiores un medio rápido y efectivo de registro, análisis e información de las actividades.

La aplicación de tarjetas como parte integrante de la programación de los trabajos de mantenimiento será un documento clave para el control del sistema, asegurando que las cargas se aplicarán apropiadamente a las áreas de costo designadas, así como acumular costos, registros de estimaciones, distribución de personal y de tiempo.

### **3.3.5 Papeles de Trabajo.**

Se debe considerar la importancia que tienen los papeles de trabajo dentro de lo que significa la programación del mantenimiento, ya que la misma requerirá de ellos para su establecimiento. La decisión de aplicar cualquier diseño deberá estar sujeta a un estudio completo, cada modelo debe jugar una función destacada y el contenido de cada forma deberá enfocarse a las necesidades específicas requeridas para cada campo de actividad.

Las formas que se han diseñado actualmente para la implantación del sistema de mantenimiento, tales como las de inventario de equipos, registro de instalaciones, control de herramientas, vales de almacén, etc.; no son definitivas y estarán sujetas a cambios, mismos que serán estudiados conforme a la práctica y a los resultados obtenidos de las mismas.

### **3.3.6 Responsabilidades en el Mantenimiento.**

El mantenimiento es una función continua y es responsabilidad de todos los empleados dedicados a esta labor en el aeropuerto. No obstante, esta continua responsabilidad de revisión es tan solo una pequeña parte del trabajo. Una serie de inspecciones o supervisiones periódicas, llevadas a cabo por ingenieros experimentados y técnicos deben conducir a un programa de mantenimiento

verdadero y efectivo. El programa de inspección del mantenimiento debe ser controlado para asegurarse de que cada elemento sea inspeccionado a conciencia, que las áreas con problemas sean identificadas y que se recomienden las medidas correctivas, realizarlas y registrarlas inmediatamente. Las numerosas y variadas demandas de éste trabajo ponen en claro que el programa de mantenimiento general, debe encomendarse a un miembro del cuerpo técnico del aeropuerto que sea competente y responsable.

Aunque en principio todas las personas que trabajan en el aeropuerto son, en verdad, empleados dedicados a la inspección del mantenimiento, las supervisiones detalladas de mantenimiento deben realizarlas personas con habilidad y conocimientos especiales. Además de una completa familiaridad con las diferentes instalaciones interiores y exteriores, medios de transporte y dependencias. Deben estar bien enterados de las señales que normalmente preceden a un trastorno y poder reconocerlas. Además, deben conocer los procedimientos correctivos que puedan atajar los problemas potenciales observados y estar totalmente instruido en el manejo de las diversas herramientas e instrumentos del equipo, disponibles para su uso.

No será fácil encontrar a alguien dotado con los muchos conocimientos y habilidades que son esenciales para el apropiado y completo mantenimiento y para la reparación de un complejo aeropuerto.

El supervisor ó persona encargada de la responsabilidad general de mantenimiento deberá, sin embargo, poseer conocimientos acerca del trabajo general de todas esas habilidades y, aparte de tener un profundo respeto por las funciones de mantenimiento, debe ser un organizador competente y un líder talentoso. Dicha persona deberá rodearse de los especialistas necesarios y deberá ver también, que el adiestramiento de este cuerpo se lleve a cabo para asegurarse de que sea ostensible al máximo beneficio para los que integran su organización.

### **3.3.7 Costos Estimados de Mantenimiento.**

Saber predecir cuanto va a costar un trabajo de mantenimiento antes de que se haya realizado es una herramienta administrativa que se involucra directamente en la programación.

Las consideraciones básicas para la estimación de un costo de mantenimiento se basa fundamentalmente en los siguientes factores:

- 1) Que es lo que se conoce del trabajo, cuales son las necesidades, el contenido, las condiciones y la urgencia.

## 2) Como se van a utilizar las estimaciones.

En principio si no se conocen a conciencia los trabajos, las estimaciones no serán muy precisas. Cuando los trabajos han sido programados, la misma práctica de estimación anterior irá dando la exactitud requerida; se tendrán limitaciones para ello, ya que nunca los trabajos serán repetitivos, pero un grado relativo de estimación será de mucha utilidad para poder dar decisiones de la ejecución de los trabajos.

### 3.4 Asignación de Recursos.

Por lo general, al área de mantenimiento se le asigna un monto incluido en el presupuesto operativo que se elabora para todo el año, de dicho monto se separan los gastos propios de los que se imputan a cada trabajo.

El presupuesto general anual es el documento que guía a los encargados del mantenimiento en cuanto a su gestión total. Dicho presupuesto se elabora sobre la base de la suma de los presupuestos correspondientes a todas y cada una de las áreas y se puede dividir simplemente en:

- **Mano de Obra.** Propia (en horas normales y horas extraordinarias) y contratada.
- **Equipo y Herramienta.** Energía, combustibles, lubricantes, repuestos y suministros; servicios a mantenimiento (transporte, ingeniería, etc.).
- **Materiales de Construcción para Trabajos de Mantenimiento.** grava, arena, cemento, asfalto, concreto, pintura, etc.

Hay diversas formas de considerar las cantidades de los anteriores conceptos, siendo los más relevantes: por registros históricos, por análisis y cálculo de los trabajos más importantes que se incluyen en el plan anual, por estimaciones de las ordenes de trabajo más representativas. La valoración de éstas cantidades están a cargo de la administración del aeropuerto.

Cualquiera que sea el tipo de método de programación prioritaria utilizada, debe ser dirigido para contestar las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué secciones deben atenderse y que proyectos requieren ser rehabilitados?
- 2) ¿Cómo pueden ser estas secciones atendidas?
- 3) ¿Cuándo pueden ser estas secciones atendidas?



Las prioridades pueden ser determinadas por varios métodos cuyo rango viene desde la clasificación simple y subjetiva hasta las verdaderas optimizaciones.

### **3.5 Efectos en los Proyectos.**

#### **3.5.1 Factores que Afectan el Mantenimiento.**

El mantenimiento sin importar cuán efectivamente se lleve a cabo, no puede compensar un diseño y/o construcción inadecuados. Bajo ciertas condiciones puede impedir o retrasar el fracaso total y posiblemente desastroso, que puede resultar de dicha deficiencia.

Se tiene con demasiada frecuencia casos en los cuales la construcción no concuerda con los planos originales (proyecto original), debido a cambios ordenados durante el proceso de la obra, sin llevar un registro de ellos.

Por ejemplo, en muchos casos la capacidad de un equipo de aire acondicionado no corresponde con la realidad, ya que o se han construido divisiones no consideradas en el proyecto original o se han agrandado las áreas. En este caso se tendrá el equipo funcionando todo el tiempo ya que nunca se establecerá el ciclo de refrigeración.

En otros casos se tendrán materiales o equipos que no existen en la zona con el consiguiente retraso para reponerlos y el inevitable aumento del costo para su adquisición.

En muchas ocasiones se tienen tuberías de agua potable o drenaje de difícil acceso con la consiguiente dificultad de repararlos o de localizarlos, ocasionando la necesidad de demoler parte de los muros o losas para su reparación ó mantenimiento.

En general, se sugiere que el proyecto sea revisado de ser posible por personal que conozca los problemas y/o dificultades que pudieran presentarse al estar funcionando la estructura, para que sean corregidos y solucionados dichos aspectos, antes inclusive de empezar la obra.

## CAPITULO 4

### 4. MANTENIMIENTO CIVIL

#### 4.1 Pavimentos.

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito de vehículos y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando además, una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical; resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las inferiores además de que, son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando se determina el espesor de una capa, el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que las constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos los factores más importantes: la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

Figura 15 Pista de pavimento rígido.



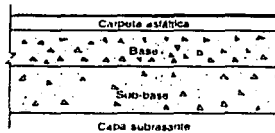
Fuente: [www.cemexconcretos.com](http://www.cemexconcretos.com)

#### 4.1.1 Tipos de Pavimentos.

Básicamente existen dos tipos de pavimentos: flexibles y rígidos.

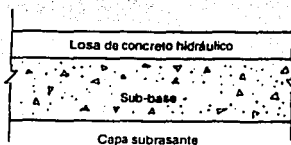
**El pavimento flexible.-** resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. Este tipo de pavimento esta compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base.

Figura 16 Capas que forman un pavimento flexible.



**El pavimento rígido.-** se compone de losas de concreto hidráulico con armado de acero en ciertas juntas y que en algunas ocasiones se coloca continuo para el control de ellas. Tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas.

Figura 17 Capas que forman un pavimento rígido.



#### 4.1.2 Pavimentos para Aeropuertos.

Proyectar el pavimento de una carretera no es lo mismo que proyectar el de un aeropuerto, pues existen algunas variantes como las cargas máximas de los aviones, las cuales son hasta diez veces mayores que las cargas máximas de los vehículos que operan en carreteras; además el número de vehículos que transitan en estas vías terrestres pueden ser del orden de 8,000 por día (varios cientos por hora), mientras que las pistas de aeropuertos reciben hasta 20,000 aviones durante su vida útil (varias decenas por hora). Por otro lado, la variabilidad de la posición de los vehículos en carreteras es mucho mayor que la que se tiene en las pistas de los aeropuertos.

Por último, en las carreteras es factible tener una misma estructuración del pavimento por varios kilómetros. En los aeropuertos las plataformas, las cabeceras de las pistas, el cuerpo de éstas y las calles de rodaje pueden tener diferente estructuración, pues las dos primeras reciben los mayores esfuerzos y, por lo tanto, deberán construirse con mayores espesores y hasta con otro tipo de pavimento; así las plataformas y las cabeceras pueden ser de pavimento rígido y el resto de tipo flexible.

La superficie de los pavimentos aeronáuticos es el principio y el fin de cada vuelo exitoso. La inspección, el mantenimiento, y la reparación de las pistas, las calles de rodaje, plataformas, etc. Junto con las ayudas de navegación e iluminación son factores de suma importancia para el adecuado funcionamiento de un aeropuerto.

Los primeros estudios realizados a pavimentos se relacionaron simplemente a la carga prevista, y a una cierta evaluación de la resistencia del material del subsuelo, para determinar el espesor del pavimento. En un principio se tomaron en cuenta muchos otros factores que influenciaron el funcionamiento de los pavimentos tales como calidad del material, repeticiones de la carga, efectos climáticos, distribuciones de la carga, tráfico mezclado, irregularidades superficiales, y mantenimiento. Todos estos factores son considerados en la vida del pavimento.

Una amplia gama de materiales y de procedimientos constructivos está disponible para la construcción de pistas, calles de rodaje, y plataformas del aeropuerto. En algunos casos, una porción de carpeta asfáltica se puede poner sobre una capa de concreto para renovar la superficie o para proporcionar fuerza adicional necesaria. Debido a su carácter de no-rígido, el pavimento flexible no requiere ningunos empalmes o costura visibles. El concreto asfáltico puede al principio, ser menos costoso que construir concreto hidráulico, pero requiere generalmente mucho más mantenimiento durante su vida útil.

La humedad es uno de los peores enemigos. Si el agua no se elimina de la superficie del pavimento rápidamente, se filtrará a través de la estructura y/o de las juntas, al punto que las algunas capas se debiliten y se fracturen, dando lugar a la formación de baches.

Después de años de uso, los pavimentos flexibles comienzan a perder su elasticidad. La oxidación trae cambios físicos en el asfalto, que comienza a perder sus cualidades elásticas. Las grietas aumentan de tamaño, permitiendo que la humedad penetre, a menos que la superficie se reselle periódicamente. La oportuna reparación de áreas debilitadas se debe realizar tan pronto como las condiciones atmosféricas lo permitan, la renovación del pavimento puede prolongar la vida de las pistas considerablemente.

Las pistas o las calles de rodaje de concreto hidráulico se emplean generalmente en los grandes aeropuertos, con tránsito pesado. El concreto hidráulico tiene alta capacidad de carga y alta resistencia a los efectos destructivos del tiempo. También resiste el derramamiento de aceite y combustible y deterioro de los mismos, mejor que el asfalto; por esta razón, se utiliza generalmente para las plataformas de estacionamiento y alrededor de hangares en todos los tipos de aeropuertos. El combustible de los aviones de turbina, causa más daño que la gasolina, puesto que se evapora más lentamente.

El concreto siendo un material rígido que se expande y contrae con el cambio de temperatura, se coloca en losas separadas por las juntas de contracción y de dilatación. En el invierno, al estar contraído el concreto, los empalmes se pueden separar bastante admitiendo materiales incompresibles, por ejemplo, arena o el agua congelada.

Cuando los materiales incompresibles se infiltran en los empalmes del concreto, se genera una enorme presión durante la expansión de las losas, dando lugar a un probable agrietamiento del concreto en el área común de las juntas. Esto se conoce

como "desconchamiento"<sup>19</sup>. Los bordes fracturados permiten que la humedad se incorpore en la superficie con un efecto progresivamente destructivo.

El material incompresible en las juntas de dilatación puede también hacer que las losas fallen. Se pueden también botar las losas hacia arriba quebrando la superficie y a su vez creando flujos para que el agua entre en la sub-base. Una porción considerable de la superficie de concreto se puede destruir en un periodo de tiempo relativamente corto debido a que en una junta se puede saturar de material extraño.

Incluso si las losas de concreto se alinean mal a un grado pequeño, pueden presentar un peligro. El tren de aterrizaje y ruedas de proa, se pueden dañar o doblar. Las superficies irregulares<sup>20</sup> pueden dañar los neumáticos y poner al aeroplano fuera de control.

La mayoría del personal de las operaciones del aeropuerto está especialmente atento a todos los problemas presentados anteriormente. Los siguientes son algunas de las indicaciones obvias de los problemas potenciales que pueden tener las pistas, calles de rodaje y plataformas:

- 1) Acumulación del agua en las pistas y calles de rodaje.
- 2) Acumulación de materia extraña en los bordes del pavimento, impidiendo la salida del agua.
- 3) Zanjas atascadas.
- 4) Erosión del suelo en los bordes de la pista.
- 5) Material extraño o arena acumulada en los empalmes.
- 6) Emersión de losas quebrándose o desmenuzándose.
- 7) Ondulaciones o superficies irregulares.

#### **4.1.3 Importancia del Mantenimiento de Pavimentos.**

El despegue y aterrizaje de aviones en lapsos muy cortos de tiempo, producen cargas dinámicas al suelo, provocando ciclos de compresión y descompresión muy intensos. La cimentación, sujeta a esfuerzos de fatiga, puede fallar provocando fracturas hasta el punto de colapso.

<sup>19</sup> Conocido generalmente como "spalling".

<sup>20</sup> Más adelante se especifican las "irregularidades superficiales".

Bajo estas condiciones, se requieren importantes espesores de agregado y mantenimiento frecuente y costoso<sup>21</sup>.

Las vías terrestres y en general todas las obras civiles se proyectan y construyen para que estén en servicio por un determinado número de años, llamado horizonte o vida útil de la obra. Al concluir este tiempo, en casos extremos los caminos se abandonan, se rescatan y se reconstruyen con objeto de aumentar su servicio por más tiempo, que es en general lo que sucede.

Al estar en operación, una obra se deteriora poco a poco y presenta diferentes condiciones de servicio a través de los años. (como se menciona en el capítulo 3) Los deterioros pueden ser pequeños al principio; pero más adelante probablemente sean más serios y aceleren la falla de la vía; por esto, una obra requiere mantenimiento o conservación, para cuando menos asegurar su vida de proyecto y proporcionar un servicio adecuado.

La detección oportuna de una falla y su rápida reparación cuando apenas se inicia, es sin duda la labor más importante del personal de mantenimiento. Las grietas y otras fallas de la superficie, que en sus primeras etapas pueden pasar inadvertidas, pueden evolucionar en defectos de mucha consideración si no se reparan oportunamente. Por ello la importancia de efectuar inspecciones periódicas del pavimento, por personal calificado, para que el presupuesto destinado al mantenimiento tenga un rendimiento óptimo. La inspección no es recomendable hacerla sobre un vehículo en movimiento, pues de esta forma no se pueden detectar las fallas en sus inicios; lo mejor es caminar sobre el pavimento para efectuar una inspección detallada.

Al efectuar la inspección de las fallas de un pavimento, es de suma importancia determinar la causa de cada falla, para establecer, con base en dicho conocimiento el mantenimiento más adecuado a seguir. Su reparación deberá hacerse lo antes posible, más aún, si representan un peligro para la seguridad de las operaciones aeronáuticas.

---

<sup>21</sup> Nota: aunque el mantenimiento es caro, el factor más importante en el costo es la interrupción del servicio.

#### 4.1.4 Factores que Influyen en el Deterioro de Pistas.

##### 4.1.4.1 La Fricción Superficial de las Pistas.

La superficie del pavimento de las pistas es amenazada por el desgaste normal, agua, contaminantes, y anomalías del pavimento. Los movimientos de aeronaves que generan las operaciones, desgastan la superficie de las pistas: desgastes que provocan sobre esfuerzos en la estructura del avión y en el propio pavimento alteraciones en las lecturas de los instrumentos a bordo e incomodidad de los pasajeros.

Para detectar las irregularidades de las pistas, obteniendo además un índice que refleje la intensidad de dichas irregularidades, son utilizados los perfilógrafos, perfilómetros o rugosímetros, en México se utiliza la técnica del perfilógrafo<sup>22</sup> longitudinal manual, la cual permite evaluar periódicamente las condiciones superficiales de las pistas con el fin de programar las obras de rehabilitación necesarias para mantener un adecuado nivel de servicio de los pavimentos. Asimismo, el procedimiento es utilizado como control de calidad durante la construcción para vigilar que se cumplan las especificaciones de textura del proyecto.

Las ventajas que presentan este tipo de perfilógrafos son su bajo costo inicial y facilidad de operación y la desventaja que presenta este tipo de dispositivo es su baja velocidad de operación.

En la extinta Dirección General de Aeropuertos de la Secretaría de Obras Públicas, se utilizó además la técnica del Perfilógrafo<sup>23</sup> para el control del acabado superficial de las pistas nuevas; este control se lleva a cabo incluyendo en los proyectos especificaciones que limitan las irregularidades a valores que no deben exceder cierto límite, mismo que se verifica con mediciones del Perfilógrafo al término de la construcción de la pista.

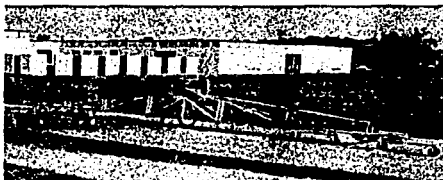
---

<sup>22</sup> Los "perfilógrafos" consisten en un juego de ruedas de carretón en el frente y en la parte posterior, una rueda registradora en el centro y una registradora de cinta gráfica para la captura del movimiento de la rueda registradora. Esta rueda es libre de moverse verticalmente cuando el dispositivo pasa sobre protuberancias y depresiones en el pavimento. Los registros de las cintas gráficas de la rugosidad de los pavimentos en aeropuertos son analizadas y el resultado es reportado en pulgadas de rugosidad por milla.

<sup>23</sup> Esta técnica la sigue usando "ASA".



Figura 18 Perfilógrafo longitudinal.



Las obras de reacondicionamiento para pistas excesivamente deformadas, debido a irregularidades superficiales, pueden consistir en capas reniveladoras en pavimentos flexibles o el rebajado mecánico de las ondulaciones en pavimentos rígidos. Por otra parte, el clima húmedo puede crear el fenómeno llamado “acuaplano”<sup>24</sup> este puede ser dinámico o viscoso.

- **El acuaplano viscoso.**- Es un fenómeno donde entre los neumáticos del tren de aterrizaje y el pavimento forma una película que reduce el área de contacto entre ambas superficies, debido a la presencia de agua u otros contaminantes en la superficie.
- **El acuaplano dinámico.**- Este fenómeno ocurre cuando las partículas de aceite, contaminantes, o de goma se mezclan con agua y se altera la viscosidad del contaminante. Los contaminantes<sup>25</sup>, los depósitos del caucho, y las partículas de polvo acumuladas durante el tiempo se depositan sobre la superficie seca de la pista, este problema comienza principalmente en la época de lluvias.

Quando el avión hace el contacto con la pista, los neumáticos tienen una velocidad de rotación cero y en un lapso muy corto de tiempo giran a la velocidad de traslación de la aeronave, generando un intenso calor en ellos, lo que da lugar a la formación de una capa delgada de caucho vulcanizado que se pega a la superficie del pavimento de concreto o de asfalto. Con cada aterrizaje sucesivo, la capa de estructuras del caucho y el carácter antideslizante de la pista disminuye. Si llueve, es posible que el 100% de la capacidad de frenado sea perdida.

<sup>24</sup> El fenómeno de “acuaplano” se da cuando la pista esta mojada o contaminada, y las ruedas de la aeronave dejan de girar y simplemente deslizan sobre la pista, dando lugar a que el sistema de frenado falle.

<sup>25</sup> Los contaminantes generan fuerzas hidrodinámicas que soportan a la llanta, reduciendo aún más el área de contacto. En esos casos extremos se llega a una velocidad de rotación cero independiente de la traslación.

Es importante para el operador del aeropuerto conocer en todo tiempo las características de rozamiento de la superficie de las pistas para poder decidir oportunamente cuando se realicen los trabajos de rehabilitación. Los cuales normalmente consisten en el ranurado transversal con máquina de discos.

El ranurado transversal<sup>26</sup>, eleva el coeficiente de rozamiento, al facilitar la expulsión del agua atrapada bajo la huella de los neumáticos y también ayuda a expulsar el vapor sobrecalentado del caucho. Esto es muy importante para evitar o reducir el fenómeno de "acuaplaneo", que como se mencionó anteriormente puede ser causante de accidentes graves.

Las reparaciones en las áreas de maniobras a seguir, en cualquiera de los casos vistos anteriormente, deberán efectuarse en los períodos de tiempo en que el tránsito aéreo en el aeropuerto sea nulo, cuando el pavimento a reparar sea el de una pista única; o en los períodos de movimientos mínimo, cuando el pavimento a reparar sea el de una calle de rodaje, de una plataforma o de una pista auxiliar, y que el tránsito de los aviones pueda ser canalizado por otro elemento del aeropuerto. En muchos casos será pues necesario efectuar los trabajos de mantenimiento durante la noche y habrá que proveer de un buen equipo de iluminación para su mejor realización.

El "coeficiente de rozamiento" de la superficie de desgaste de las pistas, es una propiedad de suma importancia para los pilotos, dado que su conocimiento en condiciones de pavimento mojado permite estimar la eficiencia de frenado de la aeronave; además, su medición periódica permite al operador del aeropuerto detectar a tiempo el efecto dañino de la acumulación de caucho de las zonas de toque. Estas acumulaciones deben removerse con productos químicos o con chorros de agua a alta presión, como se especificara más adelante.

En conclusión:

El coeficiente de rozamiento de la superficie de las pistas debe medirse para:

- Proporcionar calibraciones periódicas de la superficie del pavimento.
- Evaluar la adherencia de las pistas cuando están mojadas.
- Determinar el efecto del rozamiento cuando las características de drenaje son deficientes.
- Detectar condiciones de baja adherencia en circunstancias excepcionales.

<sup>26</sup> El ranurado transversal es el método más eficaz y económico para evitar el fenómeno de "acuaplaneo" en aeropuertos.

Las mediciones del coeficiente de fricción deben hacerse sobre superficies limpias; además, para lograr uniformidad y permitir la comparación entre otras pistas. Los ensayos deben hacerse con un espesor de agua uniforme (de 0.5 a 1.0 mm), por lo que es necesario emplear equipos con aplicador de neumático de agua.

Es preferible que se utilice un aparato de medición que proporcione una evaluación continua del coeficiente de rozamiento. Entre ellos, por citar algunos tenemos los siguientes:

- Vehículo de frenado en diagonal.
- Remolque francés.
- Medidor del valor Mu (mu-meter).
- Deslizómetro.
- Stradografo.

La acumulación de caucho en las zonas de toma de contacto de las pistas, es el resultado de las operaciones de aterrizaje de los aviones y requiere una labor de mantenimiento.

Los trabajos de mantenimiento para afrontar este problema se reducen a la aplicación de productos químicos, que se expenden en el mercado, en el área de interés y hacer pasar una barredora mecánica con cepillos de alambre, que remueve fácilmente el caucho adherido.

La FAA sugiere los siguientes métodos para eliminar los depósitos de caucho y otros contaminantes de la superficie del pavimento: (1) agua de alta presión, (2) solventes químicos, y (3) técnicas de impacto de la alta velocidad.

- 1) **Método de alta presión de agua**<sup>27</sup>.- Este método se ha utilizado muy exitosamente, el principio se basa en mangueras de agua de alta presión apuntando a la superficie del pavimento quitando los residuos de hule y otros contaminantes. La técnica permite limpiar y remover depósitos de contaminantes de la pista en un tiempo mínimo.

El equipo de alta presión de agua opera entre 5,000 psi y 8,000 psi, siendo capaz de llegar a presiones de 10,000 psi, y puede ser usado con temperaturas de 40°F o más.

---

<sup>27</sup> Es el método menos contaminante y agresivo.

- 2) **Solventes químicos.**- Estos han sido usados también exitosamente para remover contaminantes de la superficie de cemento Portland y pavimentos de asfalto. Los solventes químicos deben cumplir con requisitos ambientales establecidos por algunas dependencias<sup>28</sup>.

Los productos químicos a base de ácidos son utilizados en pavimentos de concreto y los productos químicos alcalinos son utilizados en pavimentos de asfalto.

- 3) **El método de alta velocidad de impacto.**- Este método consiste en lanzar partículas abrasivas de alta velocidad en la superficie de la pista. Esta técnica destruye los contaminantes de la superficie y se puede ajustar para producir la textura superficial deseada. Esta operación se puede realizar en todo tipo de condiciones de temperatura excepto durante la presencia de lluvia, aguanieve, nieve o hielo.

#### 4.1.4.2 Temperatura.

La temperatura influye de una manera importante y decisiva en la vida útil de los pavimentos, esta debe ser tomada en cuenta en el diseño y en las etapas de mantenimiento de los pavimentos.

- 1) **Altas Temperaturas.**- Estas afectan la estabilidad de las carpetas asfálticas, ya que cuando la estabilidad no es suficiente, la superficie de rodamiento sufre deformaciones por el corrimiento de las carpetas<sup>29</sup>, esta falla se puede corregir o evitar utilizando asfaltos de mayor dureza y mezclas con estabilidad alta que son menos vulnerables a los cambios de temperatura, cuidando, en todo caso, que los módulos de elasticidad de la carpeta sean lo más aproximados que se pueda.
- 2) **Bajas Temperaturas.**- Tenemos que considerar para este caso "el congelamiento" donde se tienen dos casos para estudiar que son, "El levantamiento por congelación" y "el deshielo".

El fenómeno de levantamiento por congelación se da cuando una porción del pavimento se levanta como resultado de la formación de cristales de hielo en la subrasante o base, susceptibles a las heladas. Este fenómeno es sumamente complicado

<sup>28</sup> En los Estados Unidos la "Environmental Protection Agency" (EPA) se encarga de establecer las normas que tienen que cumplir los solventes químicos.

<sup>29</sup> Conocido también como "arriñonamiento".

y depende de algunos factores como lo son: Un suelo susceptible a las heladas, Bajas temperaturas y la existencia de agua.

Para que se presente este fenómeno se requiere tener las tres condiciones anteriores, sin una de ellas, no se producirá un verdadero levantamiento por congelación.

Otro factor importante para que se presente este fenómeno es que en el suelo este sujeto a una capilaridad alta. La infiltración superficial en el borde del pavimento, es otra fuente potencial de agua para el levantamiento por congelación. Se tiene que tomar en cuenta que cuando el congelamiento empieza y existe una capa de hielo debajo del pavimento, el flujo de agua será detenido por esta capa. Debido a esto se debe tener un drenaje superficial adecuado para prevenir el daño causado por las bajas temperaturas.

El fenómeno de deshielo se da cuando se pierde la capacidad de soporte de la sub-rasante durante el período de deshielo cuando los cristales de hielo empiezan a derretirse y el agua no puede drenarse a través del suelo que aún permanece helado a mayor profundidad. El daño estructural que provoca el deshielo a un pavimento resulta en un costo de mantenimiento muy alto, y en algunos casos puede llegar a interrumpir el tránsito de los aviones durante el período crítico. Los factores que incrementan el deshielo incluyen períodos grandes de precipitación pluvial durante el otoño y el invierno, lo que resulta en altos grados de saturación de la sub-rasante, y aún más críticos son los períodos de precipitación durante la época de deshielo.

Para controlar este fenómeno se debe evitar que en las capas superiores del pavimento se tenga agua capilar, para lo cual es necesario que en la profundidad que afecta dicho fenómeno se tenga una capa rompedora de capilaridad, es decir material granular sin finos.

#### **4.1.4.3 Hundimientos Diferenciales.**

Se entiende por Hundimientos diferenciales a partes del suelo que son susceptibles de sufrir cambios volumétricos, debido a las variaciones en el clima, humedad, repartición de cargas y cambios en su resistencia al esfuerzo cortante. Este tipo de suelo es generalmente formado por arcillas expansivas. Los suelos expansivos contienen minerales como la montmorillonita, el cual es particularmente sensible a los cambios de humedad.

Los cambios de humedad se deben principalmente a los periodos de estiaje y de lluvias, evaporación y a los movimientos del nivel de aguas freáticas. La combinación

de los factores anteriores tiene como consecuencia expansiones y contracciones en el suelo generando cambios volumétricos en el mismo.

Se sabe que la compensación parcial del peso del pavimento de las pistas, en su parte central tiene por objeto disminuir los hundimientos diferenciales en el sentido transversal, esto representa el problema más crítico para que una pista no pierda las pendientes que requiere el drenaje para el agua de lluvia, sin embargo este problema en algunos casos se considera manejable.

#### **4.1.4.4 Infiltración de Agua Superficial.**

Como se mencionó anteriormente la humedad es uno de los peores enemigos del pavimento, recordando que el suelo es un arreglo variable de partículas que dejan entre ellas una serie de poros interconectados, formando una red de canales de diferentes magnitudes, de esta manera una cantidad de agua escurre y la otra se infiltra hasta estratos impermeables más profundos, formando la llamada capa freática. El límite superior de este manto acuoso se llama nivel freático.

Generalmente el agua que no se elimina de la superficie rápidamente se filtra hasta llegar a la sub-base reduciendo su resistencia y dando paso para que el agua llegue a otras capas que generalmente se rompen. Por esto se necesita que el agua que cae en las pistas escurra rápidamente hacia el sistema de drenaje y mantener con la menor cantidad de agua la superficie de las pistas.

#### **4.1.4.5 Repetición de Cargas.**

El pronóstico de tránsito es una mezcla de diferentes aeronaves que tienen diferentes tipos de pesos, trenes de aterrizaje y frecuencias. Recordemos que la aeronave de diseño es aquella que requiera el mayor espesor de pavimento, y no necesariamente es la aeronave más pesada del pronóstico.

Las aplicaciones de las cargas del tránsito suelen referirse al concepto de repetición de cargas. Se dice que un camino o pista ha tenido lugar una repetición, cuando ocurren dos pasadas sucesivas de una misma llanta por el mismo punto.

Para el caso de las pistas actualmente se utiliza más el concepto de cubrimiento que el de repetición. Un cubrimiento es el número de pasadas de una rueda que es preciso efectuar para cubrir por completo el tercio central de la pista con trayectorias

paralelas contiguas. Los cubrimientos se determinan a partir del número de pasadas de la carga, relacionando el ancho de la faja en consideración, el arreglo y disposición del tránsito.

#### 4.1.5 Pruebas de Pavimentos.

Una evaluación exacta y completa del sistema existente de pavimentos es uno de los factores determinantes que contribuyen al éxito de un proyecto de mantenimiento. Los métodos de evaluación son comúnmente clasificados como destructivos y no destructivos. La diferencia consiste en si ocurre o no un disturbio físico de los materiales de la estructura. La evaluación destructiva consiste usualmente en la apertura de calas para muestrear y probar los materiales componentes del pavimento. Muchas técnicas efectivas de evaluación involucran medidas de superficie de deflexión o de curvatura combinadas con perforaciones de núcleo pequeño para obtener espesores y muestras de material subyacente para pruebas de laboratorio. Estas pruebas son consideradas no destructivas (NDT) debido a que no hay un deterioro importante en la estructura del pavimento. Algo de lo más eficaz y valioso de la técnica no destructiva es la "prueba vibratoria" (o prueba dinámica). Esta técnica mide la fuerza del sistema compuesto del pavimento sujetándolo a una carga vibratoria, midiendo la resistencia del pavimento bajo una carga conocida. De los muchos aparatos disponibles para realizar esta prueba, se cuenta con el "Road Rater"<sup>30</sup> que es el más usado. Este aparato puede realizar una prueba en aproximadamente 12 segundos y es muy maniobrable. Las evaluaciones del pavimento en el pasado incluyeron normalmente una gran cantidad de pruebas destructivas costosas y que ocupaban demasiado tiempo.

Aprovechando la economía y la velocidad de la prueba vibratoria, es posible analizar el sistema del pavimento con esta prueba y así determinar un número mínimo de localizaciones en donde se pueden aplicar las pruebas destructivas realizando una evaluación completa y exacta de un pavimento y sus componentes. Además, los resultados ayudan a detectar con frecuencia otros factores que contribuyen al deterioro del pavimento tales como deficiencias en el drenaje.

Los pavimentos de concreto rígido pueden también ser examinados con esta técnica para evaluar la probabilidad de vacíos, las calidades de transferencia de carga, y el grado a las cuales las secciones agrietadas se vuelven a sentar bajo cargas de tráfico. Estas consideraciones determinan la cantidad y el tipo apropiado de mantenimiento correctivo o preventivo para preparar adecuadamente el sistema de pavimentos. En cuanto a los caminos de servicio, la metodología del revestimiento flexible se utiliza para traducir los resultados de la prueba vibratoria directamente al espesor del recubrimiento del asfalto requerido para consolidar el pavimento para

<sup>30</sup> Generalmente más usado en carreteras.

servir al presente y proyectar las cargas del tráfico con un mínimo de mantenimiento. Particularmente las áreas débiles requieren investigación adicional.

El equipo más usado actualmente para pruebas en pistas de aeropuertos es el deflectómetro de carga pesada HWD, éste contando con una carga más pesada que los modelos anteriores, puede simular el peso de una rueda de un avión Boeing 747, y por lo tanto, puede medir deflexiones introducidas por las cargas anticipadas en los pavimentos más fuertes como lo son los pavimentos de aeropuertos.

Este rango amplio de mediciones provee al consultor con un instrumento de medición de cargas / deflexiones apropiado para trabajar tanto en las pistas de aeropuertos como en carreteras.

Figura 19 Deflectómetro HWD (modelo Dynatest 8081)



Fuente: [www.dynatest.com](http://www.dynatest.com)

La prueba de superficie del aeropuerto revelará el mantenimiento necesario para aumentar especificaciones al sistema de pavimentos conforme al plan de largo plazo del encargado del aeropuerto. Los productos y los métodos para el mantenimiento de pavimentos están cambiando rápidamente. Las condiciones ambientales requieren diversas aplicaciones de materiales y de métodos similares de construcción.

El mantenimiento en general reduce substancialmente la necesidad de reparaciones o del reemplazo de extensas superficies del aeropuerto que se deterioran. Las últimas soluciones a los deterioros del pavimento son descubrirlos y repararlos antes de que sean más costosos. El personal de las operaciones del Aeropuerto hace exámenes diarios a la superficie del pavimento, observa problemas que surgen, y llama normalmente para la asistencia técnica. Periódicamente se realiza un examen con un ingeniero civil para revisar las zonas más vulnerables del pavimento.



#### 4.1.6 Descripción de Fallas en Pavimentos Flexibles.

A continuación, se describen diferentes tipos de fallas que se presentan en el pavimento flexible y sus causas probables:

**Agrietamiento en forma de piel de cocodrilo.** Grietas poliédricas interconectadas, se debe a una carpeta de mala calidad o colocada sobre una base con rebote; en caso de que la carpeta se haya elaborado con concreto asfáltico, esta falla resulta de que la base no se rigidizó bien y a la repetición de cargas por falla de fatiga, Asimismo, aparece en carpetas con asfalto oxidado.

El peso excesivo en el subsuelo superficial e inestable causa la falla conocida como "agrietamiento en forma de piel de cocodrilo" de las superficies del asfalto.

Figura 20 Agrietamiento de carpeta en forma de piel de cocodrilo.



**Grietas en bloque.-** Grietas reticulares o poliédricas interconectadas causadas por contracción del asfalto y el ciclo de temperatura diaria. El tamaño de los bloques varía desde 0.305\*0.305 hasta 3.05\*3.05 metros. Generalmente ocurre sobre una extensa área de la superficie del pavimento.

**Distorsiones.-** Corrugaciones, protuberancias y hundimientos. Desplazamientos abruptos arriba o debajo de la superficie del pavimento. Las distorsiones son evaluadas con relación a la calidad del manejo del vehículo. Las roderas o canalizaciones son evidencia de una falla estructural en progreso.

**Agrietamiento longitudinal y transversal.-** Grietas que están paralelas o transversales al centro de la línea del pavimento. Las grietas longitudinales relacionadas a defectos de construcción (juntas) o un suelo de cimentación expansivo, y las grietas transversales son relacionadas a las variaciones de temperatura y al endurecimiento del asfalto.

**Figura 21 Agrietamiento longitudinal sobre pavimento flexible.**



**Baches.** Se deben a la desintegración de la carpeta y de la base por la mala calidad de los materiales inferiores, incluidas las terracerías con alto contenido de agua. Ocurren también con la presencia de grietas y calaveras<sup>31</sup> que no se trataron en forma adecuada y oportuna dando lugar a la penetración de la humedad.

Los baches son causados generalmente por la filtración de la humedad a la sub-base permitiendo que otras capas se debiliten y se rompan.

**Figura 22 Bache sobre carpeta de pavimento flexible.**



**Rodera.** Son deformaciones longitudinales que se presentan en la superficie de rodamiento, en la zona de mayor incidencia de las ruedas de los vehículos: si son menores a 1cm se deben a una deformación de la carpeta asfáltica; pero si son mayores, se deben a una insuficiencia en la base o a que esta no es de la calidad adecuada.

**Superficie de rodamiento lisa.** Este defecto se debe a un exceso de asfalto, en la mezcla asfáltica o en el riego de sello. El exceso de asfalto por acción del tránsito se bombea hacia la superficie de rodamiento, provocando así su aislamiento pero aún de

<sup>31</sup> En la página 78 se describe el fenómeno de calaveras.

esta manera se puede tener una capa de asfalto de 1 o 2 mm en forma de nata; esto es muy peligroso, pues los vehículos derrapan con facilidad.

Cuando los riegos de sello se dan en forma inadecuada por exceso de asfalto, escasez de pétreos o mala adherencia de estos con el asfalto, se alisa la superficie de rodamiento, lo cual debe evitarse por su alta peligrosidad.

**Pequeñas deformaciones transversales rítmicas.** Esta falla, es muy molesta al tránsito, se presenta cuando la base no esta bien cementada o cuando se construyó en definitiva con materiales inertes. Se debe a las deformaciones de esta capa producidas por la vibración y los esfuerzos tangenciales que provocan los vehículos y que se reflejan hacia la superficie de rodamiento; en caso que ésta sea de concreto asfáltico, se agrieta en forma rápida.

**Desintegración de la carpeta.** Se presenta en carpetas asfálticas antiguas por oxidación del asfalto, o en carpetas relativamente recientes con escaso contenido de asfalto; se da también en carpetas elaboradas con material pétreo deleznable.

**Calaveras.** Las calaveras son huecos que se forman en la superficie de rodamiento e incluso llegan a ser muy numerosos; su tamaño no es mayor que 15 cm. Se deben a una calidad insuficiente en la base, a carpetas con contenido de asfalto menor que el óptimo o por colocar una carpeta sobre otra agrietada y calaverada, que se refleja en la nueva.

Figura 23 Calavereo en la superficie de rodamiento.



**Corrimiento de la carpeta asfáltica.** Se presenta por falta de adherencia entre la carpeta y la capa contigua por usarse un asfalto blando en zonas de alta temperatura y mezclas con estabilidad baja; se presenta en las superficies donde las ruedas de los aviones hacen giros, en tramos de pendiente marcada y en curvas, donde los esfuerzos de tracción de los vehículos son muy grandes.



**Descarnado de la carpeta.** Resulta de usar aditivos inadecuados en las mezclas y se presenta en zonas de grandes esfuerzos horizontales provocados por el tránsito, como en la zona de arranque y frenado, en pistas, calles de rodaje y plataformas.

Deformaciones de la superficie de rodamientos del orden de 5 cm. Son ocasionadas por la mala calidad de la base o por la insuficiencia en el espesor del pavimento.

**Deformaciones fuertes de la superficie del pavimento.** Se deben a un espesor insuficiente o a la mala calidad de los materiales del pavimento y de las terracerías, a menudo con una notable falla de compactación desde la construcción. Casi siempre hay una gran cantidad de agua por falta de cunetas, sub-drenaje u otras obras para controlar el agua. Cuando el tránsito aumenta en forma oportuna y adecuada, presentan también este problema.

**Surcos.**- Son depresiones en el perfil transversal de la superficie del pavimento.

#### 4.1.6.1 Mantenimiento Preventivo en Pavimentos Flexibles.

En nuestro país se aplican principalmente dos procedimientos en pavimentos flexibles:

**Aplicación de riegos de emulsión asfáltica.**- para sellar y reactivar carpetas oxidadas y con leve presencia de desprendimientos de partículas.

Es una técnica confiable aunque en ocasiones se llegan a tener dificultades derivadas de variaciones en la calidad de los cementos asfálticos y también en la proporción de la emulsión, afectando a la propia calidad de las emulsiones.

**Aplicación de morteros<sup>32</sup> o lechadas asfálticas (slurry-seal<sup>33</sup>).**- con espesores hasta de 6 mm, para restituir superficies que ya presentan desprendimiento generalizado o sellar pavimentos envejecidos con agrietamiento fino difuso.

No tratándose precisamente de mantenimiento preventivo aquí se considera el repintado periódico de las marcas de norma sobre las pistas.

<sup>32</sup> El mortero es una emulsión con agregado pétreo lino.

<sup>33</sup> Slurry Seal (Tratamiento de mortero asfáltico), es una mezcla de arena y emulsión asfáltica de fraguado medio o lento, que tiene una consistencia pastosa la momento de colocarse.

Este tipo de pinturas para marcas de tránsito están fabricadas con hule clorado y solventes volátiles. Cuando se aplican sobre pavimentos asfálticos con cierto grado de oxidación, normalmente no se produce algún efecto nocivo.

En los aeropuertos, cuando se efectúa la colocación de la-carpeta, sobre carpeta o un mortero asfáltico, la pintura de las diversas marcas que deben tener las pistas u otras áreas de operación aeronáutica ha de aplicarse esperando a cierta evaporación del asfalto para no manchar la pintura, sin dar tiempo a que la superficie se oxide.

La reacción<sup>34</sup> que se produce entre la pintura y las mezclas asfálticas provoca pronto agrietamiento de la superficie, que se ve seguido del desprendimiento de costras formadas por la propia capa de pintura y el mortero sobre el que se aplica, lo que daña la textura del pavimento.

En otros países, se tiene conocimiento de que se están empleando pintura acrílicas en suspensión acuosa.

#### 4.1.6.2 Mantenimiento Correctivo en Pavimentos Flexibles.

**Bacheo superficial o profundo.** El bacheo superficial es relativamente sencillo, ya que los materiales y procedimientos utilizados para éste fin no plantean ninguna problemática especial, sin embargo, cuando se trata de bacheo profundo, llegando a niveles por debajo de la subrasante se plantea un problema que podría interpretarse como exclusivo de las pistas de los aeropuertos, por lo general se dispone de un tiempo muy breve para realizar el trabajo y siempre existe la condicionante de que debe ser bien ejecutado pues los aviones rodarán sobre la zona reparada poco tiempo después de terminarlo.

Esta circunstancia provoca que para asegurar la calidad de la reparación se opte por sustituir las capas de terracerías por un solo tipo de material fácilmente compactable que por lo general corresponde a una grava-arena con características de sub-base y las capas asfálticas se hacen con materiales similares a los existentes.

Pero, la presencia de un cierto volumen de características distintas al de su entorno propicia que el comportamiento de la estructura se altere. Por lo general ocurre que al cabo de cierto tiempo, las zonas no tratadas y la reparada, presente deformaciones aparentemente propiciadas por la presencia de materiales más rígidos enclavados en

---

<sup>34</sup> Puede ser por reacción química y/o por diferencias de temperatura por color blanco a negro.

un cuerpo más suave. Esto, a su vez genera la presencia de zonas más extensas que se dañan y deben ser reparadas.

El problema anterior puede anularse cuando se coloca una sobre-carpeta encima de las áreas reparadas, además de que la reposición de los materiales subyacentes se realice en una zona amplia y con un estricto control de calidad.

**Rejuvenecimiento de carpetas envejecidas.** Existen en el mercado productos que hacen posible revertir el proceso de envejecimiento del asfalto que contienen las carpetas (siempre y cuando no se presenten fallas). Por citar uno de ellos tenemos el denominado "reclamite" que es una emulsión especial de aceites de petróleo y resinas, es decir, es una emulsión catiónica de maltenos, que devuelve las cualidades originales flexibles del asfalto, rejuveneciéndolo y proporcionando al concreto asfáltico, flexibilidad, ductilidad y una apariencia de nuevo.

Este producto se aplica fácilmente con equipo provisto con barra espaciadora. La proporción en que se recomienda aplicar el producto "reclamite" es de dos partes del producto por una parte de agua fría mezcladas perfectamente. La proporción a utilizar en un caso particular, dependerá de la pendiente del pavimento y de su grado de absorción.

El producto es de baja viscosidad, por lo que se puede emplear a cualquier temperatura superior a los 0° c, sin embargo, la temperatura ideal de aplicación es la de un clima templado y con pavimento seco. En pavimentos viejos se recomienda aplicar el producto, ya diluido, a razón de 0.45 a 0.95 lt/m<sup>2</sup>. La necesidad de esta aplicación se hace patente cuando se observa la superficie del pavimento árida, con desintegraciones y con grietas de contracción, etc.

**Renivelación de carpetas dañadas o deformadas.** Las renivelaciones se deben hacer preferentemente cuando el clima sea templado (arriba de 10° c) y seco, ya que cuando una mezcla asfáltica se coloca sobre un pavimento frío, puede ser que la mezcla se enfríe más aprisa, dificultando su compactación. El efecto de enfriamiento se incrementa si la mezcla se coloca en capas delgadas. Por otro lado, el asfalto y las mezclas asfálticas no ligan bien sobre superficies húmedas.

4.1.6.3 Tabla de Recomendaciones para Pavimentos Flexibles

Tabla 2 Resumen de Recomendaciones para Pavimentos Flexibles

CONCEPTO	CAUSAS PROBABLES DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES
Agrietamiento general Tipo piel de cocodrilo.	Material de la carpeta fatigado; deformación de las capas inferiores y oxidación avanzada.	Colocar sobre-carpeta de concreto asfáltico.
Disgregaciones.	Avance excesivo de la falla anterior.	Colocar sobre-carpeta de concreto asfáltico.
Corrimientos de la carpeta.	Falta de adherencia entre la carpeta y la capa contigua además de estabilidad baja de la mezcla.	Remover el tramo afectado y reemplazar cuidando de corregir el defecto de liga
Corrimientos circulares	Provocados por las ruedas de los aviones al efectuar giros cerrados en mezclas de baja estabilidad.	Si la grieta es solo superficial, sellarla adecuadamente y efectuar riego de sello en el área involucrada. Si el efecto es más profundo, abrir caja y reponer el material.
Oxidaciones de asfalto.	Intemperismo; humedad.	Efectuar un riego superficial de protección. Corregir fuente de humedad.
Erosión eólica en las inmediaciones de las cabecearas.	Provocado por el escape de las turbinas principalmente.	Proteger la superficie con un riego de impregnación o con una ligera carpeta de mezcla en el lugar.
Baches.	Defectos parciales de la carpeta.	Rellenar el agujero con concreto asfáltico.
Crecimiento de hierba en la carpeta.	Carpeta con textura demasiado abierta; grietas no tratadas.	Eliminar la hierba y proporcionar un riego asfáltico sin agregado pétreo en la zona interesada.
Afloramiento de agua a través de la carpeta	Sub-drenaje defectuoso	Corregir el sub-drenaje
Erosión del pavimento.	Chorro de las turbinas; paso de las ruedas; derrame de combustibles y lubricantes.	Proteger con un riego de mortero asfáltico. Si la falla está muy avanzada, utilizar mezcla de concreto asfáltico. Las áreas susceptibles de derrame de combustibles y lubricantes, se pueden recoger con un producto antikerosene. Para el caso de derrame de combustibles, lavar de inmediato el área afectada.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

		Proteger con productos antikerpena.
Afloramientos de asfalto.	Exceso de asfalto en la mezcla.	Raspar el exceso de asfalto y proteger con mortero asfáltico.
Corrugaciones de la Superficie de Rodamiento.	Exceso de asfalto en la mezcla, defecto en la granulometría, en los agregados o falta de compactación de las capas inferiores; sub-drenaje defectuoso.	Remover el material dañado y reponerlo eliminando previamente la causa del problema. Como solución temporal, de emergencia, renivelar utilizando concreto asfáltico.
Hundimientos ó depresiones.	Falta de compactación de las capas inferiores; sub-drenaje defectuoso; capas inferiores contaminadas.	Si la causa es solo falta de compactación, únicamente se requiere un reencarpetao de nivelación. En los demás casos es necesario remover el material afectado y restituirlo por material bueno.
Grietas de contracción	Defecto de la mezcla, espesor insuficiente y mezcla oxidada.	Si las grietas son escasas sellarlas adecuadamente, si las grietas son abundantes pero ligeras, cubrir con mortero asfáltico ó una ligera sobrecarpeta.
Agridamientos longitudinales.	Falta de soporte lateral del pavimento; defecto de compactación; sub-drenaje defectuoso.	Abrir caja y reponer material.

#### 4.1.7 Descripción de Fallas en Pavimentos Rígidos.

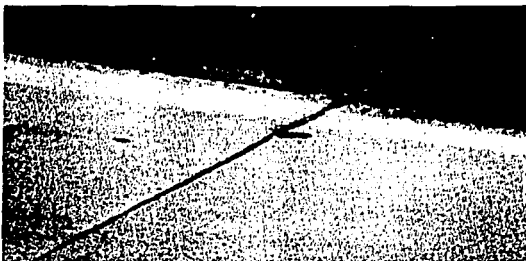
A continuación, se describen diferentes tipos de fallas que se presentan en el pavimento rígido y sus causas probables:

**Alabeo.-** Expansión de la losa con insuficiente ancho de la junta, causando movimientos hacia arriba del pavimento en la junta. Esto es estimado con relación al efecto en la calidad del manejo del vehículo.

**Ruptura en juntas.-** Las grietas interceptan las juntas a una distancia menor o igual a un medio de la longitud de la losa en ambos lados. Las grietas se extienden verticalmente a través de la profundidad de la losa.



Figura 24 Ruptura en juntas



**Durabilidad o Agrietamiento.-** Causado por el descongelamiento de grandes agregados resultando en una ruptura del concreto.

Figura 25 Agrietamiento o durabilidad.



**Agrietamiento lineal.-** Las grietas dividiendo la losa en dos o más piezas. Causado por fricción, tránsito y ciclos de humedecimiento y secado del terreno de cimentación.

**Agrietamiento pulido.-** Causado por el tránsito. El agregado en la superficie se vuelve suave al toque. La medida del coeficiente de fricción es bajo.

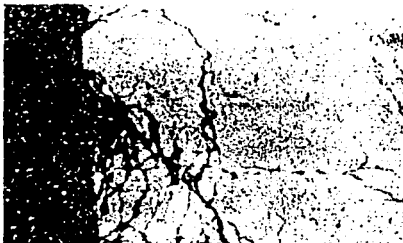
**Bombeo.-** Expulsión de material desde el terreno de cimentación hacia la losa a través de las juntas o grietas. Causado por deflexiones de la losa por el paso de cargas de tránsito.

**Figura 26 Fenómeno de bombeo sobre pavimento rígido**



**Descascarado de las orillas.** Se debe a la presencia de partículas duras introducidas en las juntas por calafateo insuficiente y que producen esfuerzos concentrados muy grandes.

**Figura 27 Descascarado en las orillas de un pavimento rígido**



**Grietas transversales.** Las provocan las losas demasiado largas sin pasa-juntas; pueden ser fallas estructurales incipientes.

Las grietas transversales son generalmente el resultado de sobrecargas, de la flexión de losas, y de la carencia de espacio para que las losas se expandan.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 28 Agrietamiento transversal

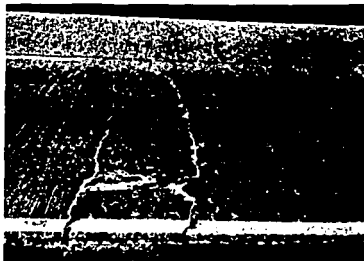
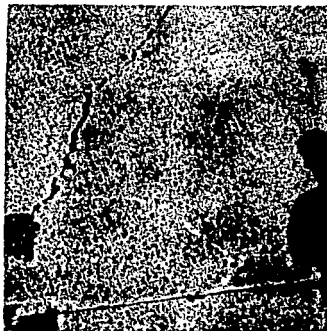


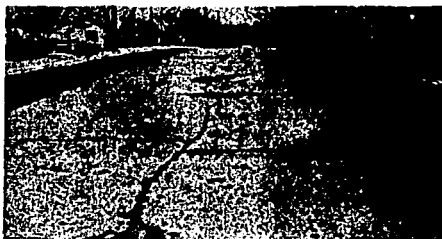
Figura 29 Grieta diagonal sobre losa de concreto



***Grietas longitudinales o transversales cercanas a las orillas o en las esquinas de la losa.*** Se deben a que la losa se construyó sobre material fino, lo que ocasionó el fenómeno de bombeo porque se carece de sub-base, a raíz de la mala compactación de las capas inferiores, incluida esta última.

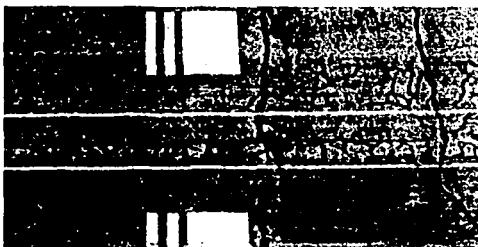
Las grietas longitudinales son causadas por la contracción del concreto y las juntas pobres.

**Figura 30 Agrietamiento transversal y longitudinal**



**Falla estructural.** Ocurre cuando concluye la vida útil del pavimento, si la falla se presenta después de 25 años de construido. O se debe al mal proyecto, si se trata de un pavimento reciente. Se presenta muy a menudo en calles o avenidas donde, sin haberlo tomado en cuenta en el proyecto, se permite el paso de numerosos vehículos pesados. Se presenta en forma prematura en zonas con fuerte pendiente longitudinal y con sub-bases naturales, que se tubifiquen fácilmente con el agua que escurra bajo la losa.

**Figura 31 Falla estructural en losa.**



**Descarnado de la superficie de rodamiento.-** Se debe a que, durante la construcción, se proporcionó un fuerte vibrado al concreto fresco, lo cual propició un asenso de la lechada (mortero fluido) y formó una pequeña película que más tarde se agrietó y desgastó con el tránsito, dejando a los agregados sin protección superficial; también se presenta cuando la resistencia de la arena es baja.

#### 4.1.7.1 Mantenimiento Preventivo de Pavimentos Rígidos.

El mantenimiento preventivo se proporciona en los tramos que no presentan deformaciones ni agrietamientos fuertes; se lleva a cabo por medio del sellado rutinario de las juntas, los cuales en promedio deben durar tres años, si se utilizan materiales plásticos adecuados.

Si la superficie de rodamiento está lisa, sobre todo si existe una capa de asfalto considerable (2 o 3 mm), se debe raspar con motoconformadora y, si es posible, la superficie se calienta con anticipación por medio de sopletes acoplados a un camión especial.

Dentro de este tipo de conservación rutinaria o normal, se encuentran todos los trabajos de bacheo y nivelaciones ligeras, que se requieren en un tramo que no ha contado con trabajos de mayor envergadura por algún motivo.

Otro trabajo que cae en este tipo de conservación es el señalamiento, sobre todo el de las rayas que se pintan en la superficie de rodamientos para marcar los carriles e indicar las zonas donde se permite el rebase de vehículos<sup>35</sup>.

Otra actividad que también puede catalogarse como parte del mantenimiento preventivo, tanto en pavimentos flexibles como en pavimentos rígidos, es la remoción de caucho en la superficie del pavimento en la zona de toque de ruedas en los aterrizados como se mencionó anteriormente.

Mantener pavimentos rígidos es bastante simple, si están bien proyectados; es decir, si se han relacionado en forma conveniente los elementos correspondientes como el tránsito y las resistencias del concreto y de la capa subrasante; de otra manera, lo más probable es que se presente la falla estructural y que haya que desechar este pavimento.

La actividad principal al mantener pavimentos rígidos es:

**Limpieza de juntas.** Debido a que los productos utilizados para sellar las juntas longitudinales y transversales se endurecen y se agrietan con el tiempo, es necesario limpiarlas cuando menos cada tres años y extraerlas tanto el sello anterior como cualquier material extraño que se encuentre; enseguida, la junta se vuelve a sellar con material fresco.

<sup>35</sup> Solo para carreteras en aeropuertos es solo el señalamiento horizontal.

Cuando haya indicios de que se está presentando el fenómeno de bombeo o de plano, debido a una fractura de la losa que quedó sin apoyo al salir el material que la sustentaba, es necesario efectuar inyecciones de mortero fluido para llenar los huecos. Si la losa está fracturada, es conveniente nivelar la zona antes de la inyección.

Es necesario calafatear los agrietamientos que se hayan presentado por el fenómeno anterior o de cualquier otro, para evitar la introducción de materias extrañas o de agua.

Cuando por efecto del gradiente de la losa, ésta se alabea con la concavidad hacia arriba, es necesario rebajar<sup>36</sup> las orillas de las losas para nivelarlas y evitar un tránsito defectuoso a través de ellas, sobre todo en aeropuertos; para ello existen máquinas devastadoras especiales. Cuando la cavidad está hacia abajo, el rebaje se hace hacia el centro de las losas si es necesario, pues esta deformación es casi siempre menor que la anterior.

Cuando el pavimento rígido presenta un fuerte descarnado de la superficie de rodamiento, se puede desintegrar la losa, por lo que es necesario reconstruirla y se puede usar una carpeta asfáltica de 5 a 7 cm de espesor, para evitar que el concreto se siga deteriorando<sup>37</sup> o bien con sobrecarpetas de morteros epóxicos.

Este tipo de carpetas asfálticas se pueden construir también para mejorar el tránsito de pavimentos rígidos con alabeo en sus losas.

Por último, si un pavimento rígido se ha comportado de manera adecuada, pero se prevé un tránsito mas intenso en los años siguientes o se requiere aumentar la vida útil, es posible construir una sobrelosa; para ello es necesario asegurar la unión entre el concreto antiguo y el nuevo, por lo que se corruga primero la superficie de rodamiento actual y, antes del colado, se esparce un aditivo especial de alta adherencia que suelde las dos losas.

<sup>36</sup> Se tiene el inconveniente de que el "rebaje" puede reducir el espesor por debajo del mínimo estructural.

<sup>37</sup> Aunque no es del todo conveniente porque el mantenimiento se incrementa, sólo se aplica en alabeos exagerados o deficiencias estructurales.

#### 4.1.7.2 Mantenimiento Correctivo de Pavimentos Rígidos.

El mantenimiento correctivo de pavimentos rígidos principalmente consiste en:

**Reparación de daños en borde o esquina de losas de concreto mediante morteros epóxicos.-** Para utilizar los morteros epóxicos se han seguido las recomendaciones de los fabricantes y se han ido asimilando las experiencias para preparar especificaciones particulares que han permitido definir:

- La geometría de las zonas por reparar.
- El tratamiento previo de la superficie.
- El efecto de la humedad ambiental en el proceso.
- El espesor mínimo para el tratamiento.
- El tiempo de fraguado requerido antes del paso del primer avión sobre la superficie reparada.

**Reposición de fragmentos de losas mediante concreto hidráulico y reparación de losas completas.-** Utilizando los resultados de pruebas de laboratorio para diseños teóricos de mezclas y las experiencias obtenidas se han elaborado especificaciones particulares que permiten una formulación adecuada de mezclas de alta resistencia y rápido fraguado que combinan cemento Portland (de fraguado rápido), aditivos acelerantes y fibras metálicas (del tipo FIBERCON).

Considerando módulos de resistencia exigidos como mínimo de 45 kg/cm<sup>2</sup> a la tensión por flexión, se logra, con estas mezclas, que a las tres horas de colocada la mezcla se obtengan valores del 30% y del 100% a las 72 horas, lo que permite que aún en el caso más crítico, que apenas entre 3 y 4 horas entre el colado y el paso de la primera aeronave se cuenta con dureza suficiente para que no se marque el dibujo de las llantas del tren de aterrizaje en la superficie reparada.

Tomando en cuenta el tiempo mínimo de fraguado, se han especificado en forma particular los tiempos mínimo que se requieren para una reposición completa de una fracción de losa o de todo un tablero, que no excede de 6 horas. En ese tiempo deben llevarse a cabo las operaciones de:

- Demolición de la losa.
- Limpieza de la superficie.
- Preparación y colado del concreto nuevo.
- Curado de la superficie mediante membrana impermeable.
- Limpieza del área de trabajo.

**Refuerzo de pavimentos fallados utilizando sobrecarpetas asfálticas reforzadas con telas geotextiles.** La idea de interponer geotextiles entre un pavimento rígido dañado y una sobre-carpeta de concreto asfáltico, es reforzar la carpeta a esfuerzos de tensión y evitar el reflejo de las grietas y juntas del pavimento original, ya sea provocando que las fisuras continúen su desarrollo en la interfase, lo que retardaría su desarrollo al seguir una trayectoria más larga, o bien interponiendo una barrera que detenga la propagación vertical de las fisuras del pavimento antiguo mediante el geotextil.

Sin embargo, no se cuenta con normas suficientes para el control de calidad en la colocación de los textiles, lo que ha traído como consecuencia la presencia de algunas fallas que se han traducido en un pronto reflejo de juntas de losas o agrietamientos en las carpetas, corta duración de las mismas y defectos en la adherencia de la capa sobre el geotextil.

Sin embargo, se han elaborado especificaciones particulares basadas en la experiencia, pero existe duda respecto a:

- El espesor adecuado de la capa total de refuerzo.
- El espesor de las capas parciales bajo y sobre la tela geotextil.
- La conveniencia o inconveniencia de ligas asfálticas sobre la tela geotextil.

**4.1.7.3 Tabla de Recomendaciones para Pavimentos Rígidos.**

**Tabla 3 Resumen de Recomendaciones para Pavimentos Rígidos**

CONCEPTO	CAUSAS PROBABLES DEL PROBLEMA	RECOMENDACIONES
Sellado de juntas.	Falta de limpieza de las caras de las juntas al llenarlas originalmente; temperatura indebida al aplicar el sello; calidad equivocada del material de sellado.	Remover el material viejo defectuoso, limpiar las juntas con chiflón de aire comprimido y sellar debidamente. Durante el verano debido a la temperatura puede aflorar material sellante sobre el borde de la junta; si esto sucede cuando la temperatura no es muy alta, deberá eliminarse el excedente.
Desintegración del concreto.	Materiales poco durables; por condiciones del clima.	Si el deterioro es excesivo, reponer el tramo defectuoso. Sellar las grietas con resinas epóxicas ó material bituminoso si el deterioro no es grande.
Superficies lajeadas ó costrosas.	Impurezas en los agregados; uso	Parchar con mortero de cemento y





de productos químicos en la superficie; acabado excesivo de la superficie. resinas epóxicas y/o con mezcla asfáltica. Si no hay agujeros profundos puede usarse mortero asfáltico (Slurry Seal).

Grietas longitudinales y transversales, en el cuerpo de la losa.	Alabeos, por contracción (por cambios de temperatura) falla estructural.	Sellan las grietas con material bituminoso o algún producto especial flexible para evitar la entrada de agua a la sub-base.
--	--	---

Astillamientos cercanos a las juntas.	Infiltración de materiales no compresibles en la junta; impedimento de movimiento de los pasajuntas; acabado excesivo en las juntas.	Reponer el concreto entre la parte sana y la junta eliminando previamente la causa del problema. Utilizar resinas epóxicas. Como solución alterna de calidad menor puede usarse concreto asfáltico en el parchado.
---------------------------------------	--	--

Grietas en esquina.	Falla estructural del concreto; defecto de soporte de la sub-base y/o transmisión defectuosa de cargas a la losa.	Proceder como en el caso anterior.
---------------------	---	------------------------------------

Arietamientos acompañados de hundimientos.	Inestabilidad de la sub-base y sub-rasante. Drenaje defectuoso de la sub-rasante.	Reponer el tramo defectuoso. Utilizar aditivos y resinas epóxicas si se requieren. Eliminar previamente las causas del problema. Como solución meramente de emergencia puede parcharse con concreto asfáltico.
--	---	--

Losas que se "botan".	Material no comprensible en las juntas, lo que impide que las losas se expandan.	Reparar las losas que se "botan", limpiar y reparar las juntas.
-----------------------	--	---

Irregularidades en la superficie; Surcos, lavaderos, Baños de pájaros, Ranuras, ondulaciones.	Control pobre durante la colocación.	Parchar las áreas defectuosas o repavimentar si el área no es muy extensa.
---	--------------------------------------	--

**4.2 Drenaje.**

El drenaje artificial es la estructura que sirve para captar, conducir y alejar del pavimento el agua que puede causar problemas.

Uno de los elementos que causan mayores problemas a los pavimentos es el agua, pues en general disminuye la resistencia de los suelos, presentándose así fallas en terraplenes, cortes y superficies de rodamiento. Lo anterior obliga a construir el drenaje de tal forma que el agua se aleje con la mayor brevedad posible de la obra. En consecuencia, podría decirse que un buen drenaje es el alma de un buen pavimento.



La estructura de drenaje deberá revisarse por lo menos una vez a la semana para detectar hundimientos, depresiones o erosiones que puedan afectar a las aeronaves al salirse éstas de la pista, deberá estar libre de escombros, hierba ó cualquier otro material que forme o signifique un obstáculo para el flujo natural del agua, así mismo deberá de cuidarse que no existan piedras sueltas para evitar que puedan ser succionadas por las turbinas.

#### 4.2.1 Mantenimiento de las Obras de Drenaje.

El mantenimiento que se le da a las obras de drenaje de un aeropuerto, no suele ser tan riguroso como en el caso de la estructuración del pavimento; debido a que es menos probable que falle durante su vida útil, mientras que el pavimento esta sujeto a la acción de las cargas impuestas por las aeronaves y a la acción de diversos factores climáticos, entre otros.

Se podría pensar que no es fácil que una alcantarilla o quizás un sub-dren dentro del aeropuerto llegaran a obturarse por la presencia de un objeto de gran tamaño, como podría ocurrir en la red de drenaje urbano; más aún, sin olvidar que se dispone de rejillas de entrada en las alcantarillas y perforaciones tales en los sub-drenes que impiden la entrada a cuerpos u objetos que llegaran a obturar estos conductos. Lo que origina que los trabajos de mantenimiento sean mínimos y principalmente consistan en:

- Aplicar periódicamente pintura vinílica a las rejillas para evitar su oxidación prematura debida a la presencia de agua y temperaturas extremas.
- Hacer revisiones esporádicas en los pozos de visita para observar el funcionamiento hidráulico en las alcantarillas y programar, si es necesario, labores de desazolamiento para su correcto funcionamiento. En su caso corrección de pendientes de los colectores.
- Realizar trabajos de limpieza en zonas próximas a las rejillas. Es decir barrer, limpiar y/o cortar, basura o hierva que pudiera obstruir las perforaciones en las rejillas con el fin de facilitar la entrada del agua pluvial.
- Si es necesario, renivelar y/o cambiar las rejillas si se llevan a cabo trabajos de renivelación del pavimento durante su mantenimiento o reconstrucción.
- Limpiar los canales de azoteas y especies vegetales.
- Limpiar y corregir el trazo en los canales a cielo abierto en la zona aeronáutica.

Cuando se atiende el bombeo es conveniente dar mantenimiento a los carcamos y equipo de bombeo, así como zonas de descarga del mismo.

La tarea más importante en las obras de drenaje es quizá en su etapa de construcción, la cual deberá apegarse conforme a proyecto, donde la supervisión juega un papel importante; especialmente en lo referente a su sección y pendiente de tuberías y canales, de los cuales dependerá absolutamente, su buen funcionamiento a lo largo de su vida útil y garantizando un costo de mantenimiento mínimo.

### 4.3 Franjas.

Deberá realizarse una inspección en esta área por lo menos una vez a la semana para detectar, hundimientos, depresiones o erosiones que puedan afectar a los aviones al salirse estos de la pista, deberá estar libre de obstáculos como escombros, piedras, hierba, etc.

Es importante verificar que no existan piedras sueltas ya que estas pueden ser succionadas por las turbinas.

Cortar periódicamente la hierba para evitar sitios de atracción de pájaros, igualmente la eliminación de charcos y zonas pantanosas.

Revisar las pendientes longitudinales y transversales.

### 4.4 Edificios.

Los edificios de un aeropuerto requieren de un adecuado mantenimiento para que sea posible la prestación eficiente de los servicios para los que funcionan. Además de lo anterior, el capital invertido en estos inmuebles nos obliga a conservarlos en las mejores condiciones posibles, y de esta manera proteger económicamente la inversión.

Es por lo tanto, sumamente importante llevar a cabo un buen mantenimiento preventivo, y para ello necesitamos programar correctamente todas las actividades a realizar. El primer paso es obtener información actualizada, periódica y sistematizada.

Esta información se obtendrá mediante reportes de inspección, los cuales cumplirán con las siguientes funciones:

- Hacer un índice de los conceptos de obra civil y de instalaciones electrónicas, mecánicas y eléctricas que deben atenderse periódicamente.

- Reportar aquellos conceptos que por diversas razones no se han atendido adecuada y oportunamente.

Estas inspecciones servirán también para evaluar de una manera objetiva, el servicio de mantenimiento y a su vez permitirán conocer deficiencias, tendencias y mejoras en los servicios de mantenimiento de los edificios. Los informes de cada revisión, deberán contener todos aquellos conceptos que de una u otra manera estén sujetos a mantenimiento ó inspección, tales como la cimentación, estructura, recubrimientos, impermeabilización pisos, herrería, carpintería, instalaciones hidráulicas muebles, etc.

Los reportes de inspección constarán de siete capítulos:

- I. Datos generales.
- II. Estado de conservación del edificio.
- III. Observaciones relativas a los servicios de mantenimiento.
- IV. Obras adicionales necesarias para conservar el edificio en las mejores condiciones.
- V. Datos complementarios
- VI. Tiempo empleado para practicar la inspección.
- VII. Anexos.

La inspección se realizará cada 3 meses por lo general<sup>38</sup>. El reporte de inspección constará de un original y dos copias. El original se tomará a la Oficina de Conservación y Mantenimiento, para que ésta lleve el control de visitas de cada uno de los aeropuertos, así como de las necesidades de cada uno de los mismos. Una copia será para el jefe de mantenimiento, del aeropuerto y la otra al administrador del aeropuerto.

Estos reportes se harán suficiente tiempo de anticipación para que la Oficina Central de Conservación y Mantenimiento<sup>39</sup>, éste en posibilidades de programar los gastos necesarios en los conceptos correspondientes, ya que existirán conceptos más importantes que otros, qué tendrán que ordenarse ó realizarse de inmediato.

Existen algunos conceptos que no han sido incluidos y que el Supervisor de Mantenimiento que practique la inspección deberá dar cuenta de ellos.

<sup>38</sup> Algunas inspecciones se presentan a diario como iluminación , limpieza, pintura, reparaciones menores, sistema hidráulico, eléctrico, etc.

<sup>39</sup> Dependiendo de la organización que se tenga.

- 1) **Datos generales.**- Deberán escribirse de manera breve cada uno de los datos solicitados para el Edificio de pasajeros, almacenes, subestaciones, oficinas, etc., se debe llenar una forma para cada uno de ellos, anotando en el principal de éstos edificios las obras e instalaciones que den servicio a los demás, tales como plazas, andadores, estacionamientos, etc.
- 2) **Estado de la conservación del edificio.** Se han enlistado una serie de conceptos agrupados en los puntos: C-100 Cimentación, E-150 Estructura, P-200 Pisos, R-250 Recubrimientos, H-300 Herrería. CP-350 Carpintería, I-400 Instalaciones, M-450 Muebles, OC-500 Obras de Conjunto y V-550 Varios.

Para llenar ésta parte del informe es necesario recorrer físicamente todos y cada uno de los componentes del edificio y anotar cuidadosamente el resultado de la inspección de cada uno de los conceptos enlistados utilizando para ello la siguiente simbología.

El concepto se encuentra correcto \_\_\_\_\_√\_\_\_\_\_.

El concepto esta mal y requiere reparación \_\_\_\_\_X\_\_\_\_\_.

El concepto no existe \_\_\_\_\_----\_\_\_\_\_.

Cuando algún concepto tenga la calificación "X", en alguno ó varios de los componentes del edificio, se anotará en la última columna "Detalle en la última hoja del reporte de inspección", donde también se indicara en que nivel se encuentra dicha "avería" una flecha →, para indicar que en esa hoja se describirá de manera breve por qué dicho concepto fue calificado con "X". Cuando la calificación sea "√" ó "----" no será necesario hacer ninguna aclaración a excepción de que exista alguna razón para que el supervisor crea necesario proporcionar algún detalle al informe.

Después de cada inciso se ha dejado un renglón y al final del inciso V-550 Varios, una serie de renglones en blanco que se utilizarán para anotar todos aquellos conceptos que no aparecen en el formato pero que sí existen en el edificio que se revisa.

Los capítulos: III, IV, V y VI, se explican por sí solos; en el capítulo VII, se anotarán los anexos que considere necesario agregar el ingeniero que practique la inspección; tomándose como norma general que éste capítulo se va a usar únicamente cuando verdaderamente se requiera.

Existe otra forma de reporte especial para el caso de las azoteas y se utilizará únicamente si se descubren filtraciones ya que en los casos en que la impermeabilización sea buena ó este en buen estado bastará con así indicarlo en el reporte Núm. 1 (Tabla 4).

**Tabla 4 Ejemplo de un tipo de reporte de Inspección del estado de conservación de inmuebles**

<b>I.- DATOS GENERALES:</b>	
1.- Aeropuerto.	_____
2.- Administrador.	_____
3.- Jefe de Mantenimiento.	_____
4.- Descripción General.	_____
	a) Tipo de estructura. _____
	b) Superficie construida. _____
	c) Fecha de Inauguración. _____
5.- Fecha ultima de inspección. _____	

<b>II.- ESTADO DE LA CONSERVACIÓN DEL EDIFICIO</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>Indicar X/√</b>	<b>Indicar→</b>
C-100 CIMENTACIÓN		
C-101 CIMENTACIÓN EN GENERAL		
C-102 CONTROL DE NIVELACIONES		
C-103 CONTRATRABES		
C-104 ZAPATAS		
C-105 LOSAS DE SOTANO		
C-106 MUROS DE CONTENCIÓN		
C-107 PILOTES		
<b>CONCEPTO</b>	<b>Indicar X/√</b>	<b>Indicar→</b>
E-150 ESTRUCTURA		
E-151 VERTICALIDAD DE LA ESTRUCTURA		
E-152 HORIZONTALIDAD DE LOS PISOS		
E-153 COLUMNAS		
E-154 TRABES		
E-155 LOSAS		
E-156 TECHOS DE LAMINA		
E-157 CASCARONES		
E-158 MUROS INTERIORES		
E-159 MUROS EXTERIORES		
E-160 JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN		
E-161 ESCALERAS		
E-162 MARQUESINAS		
E-163 CUBOS DE ELEVADOR		
<b>CONCEPTO</b>	<b>Indicar X/□</b>	<b>Indicar□</b>
P-200 PISOS		
P-201 PISOS DE CEMENTO		
P-202 PISOS DE MADERA		
P-203 PISOS DE MOSAICO		
P-204 PISOS DE GRANITO		
P-205 PISOS DE TERRAZO		
P-206 PISOS DE MARMOL		
P-207 PISOS DE LOSETA VINILICA		

P-208 PISOS DE LINOLEUM		
P-209 PISOS DE CERAMICA		
P-210 PISOS DE ADOQUIN		
P-212 PISOS DE BALDOSIN		
P-213 SARDINELES		
<b>CONCEPTO</b>	<b>Indicar X/□</b>	<b>Indicar□</b>
R-250 RECUBRIMIENTOS		
R-251 APLANADOS INTERIORES EN MUROS		
R-252 APLANADOS EXTERIORES EN MUROS		
R-253 APALNADOS EN PLAFONES		
R-254 PLAFONES FALSOS		
R-255 PINTURA INTERIOR		
R-256 PINTURA EXTERIOR		
R-257 PINTURA HERRERÍA		
R-258 PINTURA DE PUERTAS		
R-259 REVESTIMIENTOS INT. MATERIAL VIDRIADO		
R-260 REVESTIMINETOS EXT. MATERIAL VIDRIADO		
R-261 REVESTIMIENTOS DE PLASTICO		
R-262 REVESTIMINETOS DE PIEDRA CANTERA		
R-263 CELOSIAS		
<b>CONCEPTO</b>	<b>Indicar X/□</b>	<b>Indicar□</b>
H-300 HERRERIA		
H-301 VENTANAS METALICAS		
H-302 PUERTAS METALICAS		
H-303 CANCELES METALICOS		
H-304 BARANDALES METALICOS		
H-305 REJAS METALICAS		
H-306 MOSQUITEROS		
<b>CONCEPTO</b>	<b>Indicar X/□</b>	<b>Indicar□</b>
CP-350 CARPINTERIA		
CP-351 VENTANAS DE MADERA		
CP-352 PUERTAS DE MADERA		
CP-353 CANCELES DE MADERA		
CP-354 BARANDALES DE MADERA		
CP-355 LAMBRINES DE MADERA		
CP-356 PERSIANAS		
<b>CONCEPTO</b>	<b>Indicar X/□</b>	<b>Indicar□</b>
I-400 INSTALACIONES		
I-401 TANQUE ELEVADO O TINACOS		
I-402 CISTERNA		
I-403 DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA		
I-404 DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE		
I-405 DRENAJE DE AGUAS NEGRAS		
I-406 DRENAJE DE AGUAS PLUVIALES		
I-407 COLADERAS		
I-408 SISTEMA CONTRA INCENDIO		
I-409 EXTINGUIDORES		

I-410 ALUMBRADO		
I-411 APAGADORES Y CONTACTOS		
I-412 CONTACTOS A PRUEBA DE EXPLOSIÓN		
I-413 CABINAS DE LEVADORES		
<b>CONCEPTO</b>	<b>Indicar X/□</b>	<b>Indicar□</b>
M-450 MUEBLES		
M-451 MUEBLES DE OFICINA		
M-452 MUEBLES DE DESCANSO O ESPERA		
M-453 MUEBLES SANITARIOS		
M-454 ACCESORIOS DE BAÑO		
M-455 MOSTRADORES		
M-456 CLOSETS		
M-457 BUTACAS		
<b>CONCEPTO</b>	<b>Indicar X/□</b>	<b>Indicar□</b>
OJ-500 OBRAS DE CONJUNTO		
OJ-501 BANQUETAS		
OJ-502 PLAZAS		
OJ-503 JARDINES		
OJ-504 PASOS A CUBIERTA		
OJ-505 ESTATUAS		
OJ-506 ANDADORES		
OJ-507 CERCA O BARDA PERIMETRAL		
OJ-508 PAVIMENTOS		
OJ-509 ESTACIONAMIENTOS		
OJ-510 POSTES DE ALUMBRADO Y ASTA BAND.		
OJ-511 CASETA DE VIGILANCIA		
OJ-512 RAMPAS O ESCALINATAS		
OJ-513 FUENTE O ESPEJO DE AGUA		
OJ-514 REJILLAS PLUVIALES		
<b>CONCEPTO</b>	<b>Indicar X/□</b>	<b>Indicar□</b>
V-550 VARIOS		
V-551 CERRAJERIA		
V-552 VIDRIERIA		
V-553 CORTINAS		
V-554 ALFOMBRAS		
V-555 FRAGALUCES		
V-556 ESQUINEROS METALICOS		
V-557PROTECCIÓN DE PUERTAS		
V-558 LETREROS		
V-559 IMPERMEABILIZACIÓN		
V-560 LIMPIEZA EN GENERAL		

Nota: Marcar

- El concepto se encuentra correcto.      ✓
- El concepto esta mal y necesita reparación.      X
- El concepto no existe.      ---

El concepto a reparar se detallara en la ultima hoja del reporte de inspección.      →



<b>III.- El estado de conservación del edificio de aprecio:</b>	
Excelente	( )
Bueno	( )
Regular	( )
Malo	( )
<b>IV.- Los servicios de limpieza se apreciaron:</b>	
Excelentes	( )
Buenos	( )
Regulares	( )
Malos	( )
<b>V.- Datos complementarios</b>	
<b>VI.- Tiempo Empleado en la Inspección. (en hrs min).</b>	
<b>VII.- Anexos.</b>	

Fecha: \_\_\_\_\_  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Cargo: \_\_\_\_\_  
 Firma: \_\_\_\_\_

A continuación se muestra un ejemplo de la última hoja de inspección, la cual será utilizada cuando se observe una "X" en algún concepto de la tabla anterior.

Tabla 5 Última hoja del reporte de inspección

Concepto Num.	Descripción del trabajo a ejecutarse	Num de nivel	Programa	
			Inicia	Termina

#### 4.4.1 Consideraciones sobre la Cimentación.

**Cimentación.** - Se entiende por cimentación el conjunto de elementos que transmiten al suelo las cargas muertas (peso de la estructura y mobiliario), cargas vivas (vehículos, personas) y cargas accidentales (sismos y viento) del edificio.

Las cimentaciones se clasifican de la siguiente manera:

De acuerdo con su nivel de desplante:

- Superficiales.
- Profundas.

Según su distribución superficial:

- Continuas
- Aisladas

Según su proceso de construcción:

- Construidas in situ.
- Prefabricadas.
- Mixtas.

De acuerdo a su clasificación por diseño:

- Zapatas aisladas.
- Zapatas corridas.
- Losa de cimentación.
- Cimentaciones compensadas.

Figura 32 Zapata aislada

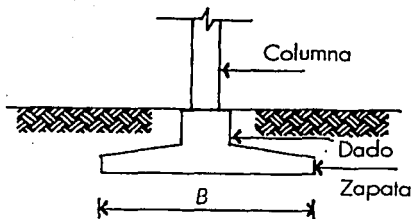


Figura 33 Losa Continua

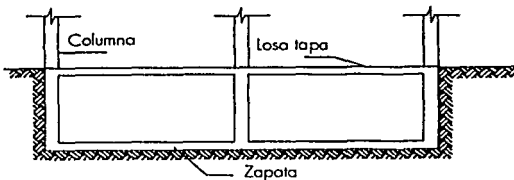
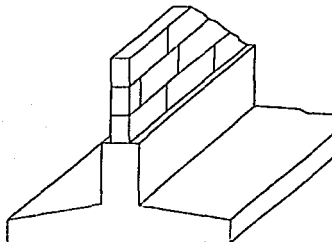
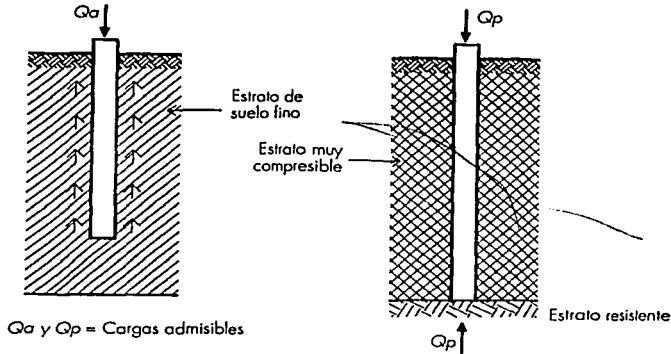


Figura 34 Zapata Corrida



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 35 Pilote de Fricción y de Punta



La relación entre la carga que se le transmita al terreno y la capacidad del mismo, será lo que determine que tipo de cimentación se deberá implementar.

Para efectos prácticos se definirán los tipos de cimentación superficial, profundas, y por compensación.

- **Cimentación superficial.**- Es llamada también por superficie ó por ampliación del área de contacto. Consiste en aumentar el área de las columnas o muros antes de que estos elementos se apoyen en el suelo de desplante. La profundidad de desplante en este caso es generalmente entre 0.50 y 1.50 metros. El área de contacto se logra mediante zapatas corridas, zapatas aisladas o losa corrida.
- **Cimentaciones profundas.**-Su objetivo principal es incrementar la capacidad de carga de un terreno o transmitir las solicitaciones a un estrato más resistente cuando la superficie no soporta las cargas que le transmitirá el edificio. Se utilizan tres tipos de elementos: pilotes, pilas y cajones profundos.

La cimentación por pilotes se usa cuando las cargas son muy grandes ó el suelo de desplante es muy compresible en las cargas superiores y de baja capacidad de carga.

- **Cimentación por compensación.**- Llamada también por sustitución o por flotación, consiste en excavar un determinado volumen de suelo, tal que su peso sea equivalente al peso del edificio. Esta cimentación puede estar combinada con la cimentación superficial y ser parcialmente compensada cuando una parte de la carga se transmite al suelo y la otra parte se toma por sustitución.

Este sistema se encontrará cuando la capacidad de carga del terreno donde se construyó el edificio sea baja.

Para efectuar la compensación se calcula el peso de edificio y la posición de los centros de cargas, y de acuerdo con esto se diseña la profundidad de excavación conforme al peso volumétrico del material excavado y los lastres que se colocan. De este modo, al menos teóricamente, podemos decir; el suelo al nivel de desplante soporta el mismo peso que antes de que se construyera el edificio, ya que los esfuerzos que se transmiten al terreno son iguales.

#### 4.4.2 Inspección de la Cimentación.

Generalmente, para determinar el estado de conservación de una cimentación, se tendrá que guiarse por señales o síntomas que presenta la estructura del edificio.

Dentro de las fallas más comunes se encuentran:

**Grietas.**- La presencia de grietas en los muros es característica de una falla de la cimentación y ésta puede tener un grado de importancia mayor o menor; para averiguarlo es necesario considerar lo siguiente:

- Localización de la grieta.
- Tamaño y forma de la grieta.
- Inclinación y orientación de la grieta.
- Elementos estructurales afectados por la grieta.
- Diagnóstico de las causas que produjeron la grieta.

La magnitud del asentamiento y la rigidez de la cimentación determinan la forma, el tamaño y la inclinación de la grieta. Generalmente se puede suponer la zona de asentamiento basándose en la inclinación de las grietas. En el momento que aparezcan estas grietas, se tendrá que proceder a la colocación de testigos que

permitan conocer la velocidad del avance de la fractura. Salvo en casos extremadamente críticos, es conveniente prolongar el tiempo de observación a varios meses, colocando nuevos testigos cada vez que se fracturen los anteriores y anotando las fechas tanto de colocación como de fractura.

En general se pueden presentar 4 casos:

- La grieta ya no aumenta de ancho.
- La grieta aumenta de ancho pero su velocidad es decreciente.
- La grieta aumenta de ancho y su velocidad es creciente.
- La grieta puede inclusive reducirse y hasta cerrarse.

En el primer caso, la solución es resanar las partes dañadas, pues es probable que se haya alcanzado un nivel de consolidación en el terreno de cimentación y ya no vuelva a presentarse la falla.

En el segundo caso deberá vigilarse la grieta hasta que ya no aumente su espesor. A partir de este momento el tratamiento es el mismo que en el primer caso.

Si la grieta aumenta se debe proceder a detallar las observaciones y hacer los estudios que permitan la determinación de la causa que origina la falla. Una vez conocida la causa deberán dictarse las medidas necesarias para efectuar la reparación.

La reducción del ancho implica que el resto de la estructura – cimentación está adaptándose a las deformaciones, trabajando en forma más unitaria.

#### **4.4.3 Estructura.**

Para llevar un registro del comportamiento de la estructura lo más práctico es controlar los niveles de la misma a través de un método que permita conocer los asentamientos cuando se produzcan y saber como se comporta la cimentación. Para pasar niveles, lo adecuado es contar con un tránsito ó un nivel fijo; sin embargo para datos burdos se puede emplear un nivel de manguera. Si las nivelaciones se hacen con el cuidado debido, la precisión que se obtiene con este método es suficiente para los fines que se persiguen, ya que con una aproximación de 0.5 cm es suficiente. A continuación se describirá el procedimiento:

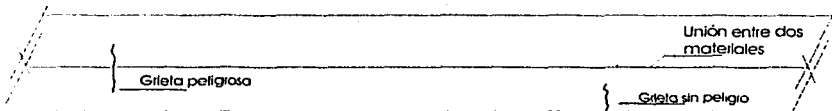
- 1) Escoger un banco de nivel de referencia, fuera de la zona de influencia del edificio y que por su estabilidad se considere fijo.
- 2) Elegir una cota arbitraria para dicho banco de nivel, o referenciar a un sistema de precisión. Realizar una nivelación desde el banco hasta cada columna del edificio.
- 3) Usando el nivel de manguera trace un plano horizontal en el sótano del edificio o en la planta baja, sólo a nivel muy local y grueso.
- 4) En su caso, por comparación, obtener la cota de este plano horizontal tomando como base la cota del banco de nivel.
- 5) Consignar en un registro los datos obtenidos.
- 6) Para la siguiente nivelación, mediante el nivel de manguera comparar las cotas de las columnas entre sí y la de una de ellas (siempre la misma) con la del banco de nivel (De preferencia con nivel fijo, el de manguera solo para datos gruesos.)
- 7) Cuando se aprecien diferencias en las cotas de una nivelación con respecto a la anterior, se dará aviso de inmediato a la dependencia respectiva, anexando un croquis detallado con todos los datos obtenidos.

En las zonas de tensión el concreto siempre presentará fisuras pero cuando el acero de refuerzo se ha proporcionado correctamente, éstas fisuras son prácticamente inapreciables; si se reflejan en la zona de tensión, adquieren importancia y será necesario reparar el daño.

En cambio, cuando se presenta alguna falla en la zona de compresión generalmente no es tan grave y requerirá reparación<sup>40</sup> menor.

Una grieta muy común es la que se presenta en la unión a tope de dos materiales distintos y por ende con coeficientes de dilatación y contracción diferentes, un caso representativo es el que se aprecia en la siguiente figura.

Figura 36 Agrietamiento en la unión de dos materiales



<sup>40</sup> Sólo en el caso del concreto

**Revisión de Azoteas.**—La inspección de azoteas se trata en un reporte de inspección por separado ya que debido a los problemas que conlleva requiere una atención especial. Por tal motivo en el reporte indicado como No 1. se indica que deberá llenarse la segunda parte sobre azoteas, como un informe por separado. De esta manera el encargado de mantenimiento contará con un mayor número de datos que le permitirá resolver eficazmente los problemas que se presenten en las azoteas. Se tiene certeza que en el 70% de los casos, las causas que originan las filtraciones de agua pluvial en las azoteas son principalmente cuatro:

- 1) La falta de adecuadas pendientes que permitan la rápida salida del agua ó bien que las bajadas pluviales sean insuficientes en sección o en número.
- 2) La falta limpieza de las coladeras.
- 3) Impermeabilización deficiente y/o interperizada.
- 4) Sellado inadecuado de juntas.

Otro motivo frecuente es el relleno defectuosamente compactado sobre el que se coloca el enladrillado; con el paso del tiempo el relleno se consolida y produce asentamientos locales que fracturan el enladrillado y cualquier protección que se haya puesto sobre o debajo de éste<sup>41</sup>. Es importante tomar en cuenta esta falla en la solución adecuada, de una nueva impermeabilización ya que, si no se corrige el defecto, tarde o temprano volverán a aparecer las filtraciones. Debe tenerse en cuenta que en todas las azoteas existen zonas críticas, como son los pretiles, los tragaluces, las juntas de construcción, las salidas o entradas de ductos y tuberías incluyendo las bajadas pluviales.

En estos lugares se tendrá que realizar una inspección especial sobre todos los trabajos que se hagan ya que la calidad de la mano de obra es fundamental para tener una buena impermeabilización. Otro factor sumamente importante en la falla de la impermeabilización de azoteas son las juntas de dilatación, que requieren un mantenimiento preventivo tal que permita reponerlas antes de que se presenten los problemas.

Como no se puede conocer la duración del sello de las juntas, ya que dependen de las condiciones climatológicas y del material empleado en su construcción, es necesario que periódicamente se revisen, sobre todo antes de la temporada de lluvias.

Las azoteas grandes deben dividirse, mediante pretiles intermedios, en azoteas parciales e independientes cuya superficie no sea mayor de 100 m<sup>2</sup>. Las azoteas

---

<sup>41</sup> Sólo para enladrillados.



deberán contar el número de pendientes suficientes y serán enladrilladas si es el caso (depende de la techumbre)..

**Tabla 6 Ejemplo de un tipo de reporte del estado de las azoteas.**

601.- AEROPUERTO

602.- ¿Existen filtraciones de agua pluvial en las azoteas?	SI ( ) NO ( )
603.- En caso afirmativo, diga si éstas son:	Graves ( ) Mediana importancia ( ) Poca importancia ( )
604.- En caso afirmativo diga si se trata de un problema :	Generalizado ( ) Local ( )
605.- Diga que tipo es la estructura del techo, (losa de concreto, plana, plegada, armadura (metálica, losa prefabricada, cascarón de concreto, (lámina acanalada,....., etc.)	_____ _____ _____
606.-¿Existen rellenos para dar pendientes?	SI ( ) NO ( )
607.-¿Son techos inclinados?	SI ( ) NO ( )
608.- Si existe relleno, diga que material es:	_____ _____
609.-¿Existe alguna membrana impermeabilizante?	SI ( ) NO ( )
610.- En caso afirmativo, describa esta membrana:	_____ _____
611.-¿Las coladeras de las bajadas pluviales están tapadas?	SI ( ) NO ( )

612.-¿Con que frecuencia se hace limpieza a estas coladeras? \_\_\_\_\_

613.- Haga un sondeo y dibuje un croquis acotado que muestre un corte de la azotea, indicando la estructura del techo, rellenos, membrana impermeable, acabados, pretilas, etc.

614.-Mencionar la máxima y mínima pendiente de la azotea (en por ciento; las más representativas).

Máxima \_\_\_\_\_ %  
 Mínima \_\_\_\_\_ %

615.-¿De que diámetro son las bajadas pluviales y cuantas son?

\_\_\_\_\_ cm. \_\_\_\_\_ pzas.

616.- ¿Cuál es el estado en que se encuentran las bajadas pluviales?

Bueno ( ) Malo ( )

617.- ¿Qué área tributaria corresponde a cada bajada pluvial?

Seleccione las más representativas del conjunto).

1 \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
 2 \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
 3 \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>  
 4 \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

618.- ¿Cuál es el área total de la azotea?

\_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>.

619.- En caso de existir enladrillado.

Mencionar sí:

- |                                  |          |     |          |     |
|----------------------------------|----------|-----|----------|-----|
| a) Es de material:               | Recicido | ( ) | Vidriado | ( ) |
| b) El estado general es:         | Bueno    | ( ) | Malo     | ( ) |
| c) Existe lechadeado:            | Si       | ( ) | No       | ( ) |
| d) Existen grietas:              | Si       | ( ) | No       | ( ) |
| e) Existen juntas de dilatación: | Si       | ( ) | No       | ( ) |

620.- ¿Cuál es el estado de las zonas de descarga de las bajadas?

Bueno ( ) Malo ( )

621.- Observaciones adicionales que complementen el Informe sobre el estado de conservación de las azoteas:

---

---

---

---

---

---

---

---

Fecha: \_\_\_\_\_  
Nombre: \_\_\_\_\_  
Cargo: \_\_\_\_\_  
Firma: \_\_\_\_\_

#### 4.5 Jardinería.

El mantenimiento de jardines y terrenos en aeropuertos requiere de inspecciones visuales y solo labor manual así como el empleo de algunos equipos como podadoras, herramientas de mano, etc. Este trabajo generalmente comprende labores de limpieza, como la recolección de hojas secas, ramas rotas, basura, piedras, etc. Así como recortar el césped y maleza, podar arbustos y árboles, sembrar, riego manual ó automático, control de plagas, poda, resiembra, adaptación de especies, viveros etc..

Las inspecciones deberán realizarse por lo menos cada semana, y se buscara:

- Erosiones.
- Árboles y arbustos secos.
- Ramas rotas.
- Maleza.

- Siega, recorte y poda adecuados.
- Hojarasca, basura y otros desperdicios.
- Residuos de tierra.

Este mantenimiento obedece además de la protección ambiental (reforestación), también a conservar una imagen estética del aeropuerto.

## **CAPITULO 5**

### **5. OTROS TIPOS DE MANTENIMIENTO.**

#### **5.1 Eléctrico.**

##### **5.1.1 Ayudas Visuales Luminosas, Iluminación en General e Instalación Eléctrica.**

Esta parte comprende alimentaciones eléctricas, las subestaciones y sus redes de distribución. La atención diaria de las ayudas visuales, los equipos de suministro de energía eléctrica suplementarios y de emergencia. Los motores, las bombas, el alumbrado de plataforma, la atención del funcionamiento de las ayudas electrónicas, dentro y fuera del aeropuerto, los equipos normalmente son: Radio-faros de baja frecuencia (NDB), Radio-faros de muy alta frecuencia (VOR), sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS), marcadores, equipos medidores de distancia, medidores de alcance visual de pista, equipo de radar, alimentación eléctrica para fuerza y alumbrado de edificios, lámparas, equipo de aire acondicionado, calderas y su sistema de alimentación de agua, los equipos teleindicadores para información de pasajeros, circuitos cerrados de televisión, sistemas de comunicación BLU, FM y VHF, etc.

##### **5.1.1.1 Mantenimiento Eléctrico y de Ayudas Visuales.**

El suministro de energía eléctrica es la parte "vital" para el funcionamiento adecuado de múltiples instalaciones y equipo sin el cual o con la falla del suministro de energía, sería imposible el desarrollo de las operaciones en el aeropuerto y las funciones colaterales que coinciden en ellas, por lo tanto es de suma importancia el procurar que las fallas en el suministro de energía eléctrica se reduzcan al mínimo.

Muchas instalaciones tienen un equipo eléctrico fundamental compuesto de motores, dispositivos de distribución de corriente y tableros de control.

Los motores precisarán pocos cuidados, aparte de una verificación periódica, ya que es la parte de la máquina más libre de perturbaciones. De todos modos, debe

mantenerse limpio, seco y adecuadamente lubricado. Estos cuidados deben llevarse a cabo a intervalos regulares y por parte de mano de obra especializada.

Muchas averías de los motores pueden atribuirse a la entrada de suciedad, agua, aceite o virutas de metal, e incumbe a los instaladores y mantenimiento proveer una protección adecuada para eliminar, en lo posible, estas contingencias. Si no se da esta circunstancia y se ven peligros evidentes, en algunos casos sencillos resulta adecuado y además económico, colocar una simple cubierta hecha de chapa metálica como protección, para evitar la entrada de humedad o de arenilla.

Hay que realizar inspecciones y, si no están incluidas en un sistema de mantenimiento planificado, debe examinarse todo el equipo eléctrico al menos una vez cada tres meses<sup>42</sup>. Los párrafos siguientes pueden servir de guía para los cuidados precisos:

- a) Comprobar las cápsulas de grasa y rellenarlas con la grasa adecuada. No engrasar demasiado. Buscar posibles pérdidas de grasa y repáralas si es necesario. *(Asegurarse de que la corriente eléctrica esta desconectada)*
- b) Extraer, mediante aire comprimido, toda la suciedad o el polvo que se hayan acumulado. Al realizar esto, conviene colocar la boquilla lejos de las aberturas, para impedir que el polvo sea arrastrado hacia el interior del motor. Cuando se usa una conexión de aire comprimido, es importante asegurarse de que no hay agua condensada en la tubería, la cual podría dirigirse hacia el motor. Extraer cuidadosamente el polvo desde el interior del motor hacia cada una de las aberturas extremas.
- c) Inspeccionar el colector, los dispositivos de las escobillas y los anillos colectores. Limpiar todas las superficies de contacto. Las escobillas deben conservarse limpias de polvo de cobre y de carbón. Este polvo debe disminuir hasta prácticamente desaparecer, una vez que haya finalizado el período de rodaje del motor: Debe haberse establecido ya una "película" en las escobillas y en el colector que reduce el desgaste a un mínimo. Los anillos colectores precisan muy pocos cuidados, excepto las permutaciones y limpiezas periódicas. La permutación puede hacerse en las conexiones de los soportes de escobillas, cada seis meses, esto asegurará el desgaste uniforme de los anillos. (Se refiere al generador y motores eléctricos).
- d) Los cojinetes muy desgastados pueden hacer que el rotor frote contra el estator. Esto puede producir desperfectos muy costosos. Comprobar que no se produce

<sup>42</sup> Es preciso mencionar que algunos equipos se deben de revisar diariamente

elevación del eje del motor, al aplicar una ligera acción de la palanca, con una barra, debajo del eje. Si es necesario se sustituirán los cojines.

### 5.1.1.2 Acometida Eléctrica.

La acometida eléctrica son las líneas eléctricas que unen la subestación general del aeropuerto con la red de la compañía que suministra el fluido eléctrico comercial.

La acometida está integrada por uno ó varios postes que soportan los cables de la línea de alimentación normalmente con torres; un juego de cuchillas desconectadoras, fusibles, un juego de pararrayos, un sistema de tierras, mufas, transformadores y tableros de distribución..

Todos los elementos mencionados, sobre todo las mufas de tipo exterior y las cuchillas deberán verificarse en lapsos no mayores de seis meses procurando que se encuentren libres de acumulación de óxido, polvo, o salitre, en el cable subterráneo que generalmente es aislado y llega al tablero de la subestación, se verificará su rigidez dieléctrica cada seis meses, procurando que nunca sea mayor de 10 megahms<sup>43</sup>.

### 5.1.1.3 Subestación Eléctrica General.

La subestación general<sup>44</sup> es el edificio que aloja los transformadores de distribución, gabinetes y plantas diesel eléctricas de emergencia<sup>45</sup>, es muy importante que todas las instalaciones de la subestación general estén perfectamente pintadas, limpias y con letreros que indiquen la función de cada uno de los componentes que tiene y en el caso de las plantas de emergencia su marca y su capacidad, además en el piso debe existir una tarima de madera con tapete de hule o tarimas de plástico así como un señalamiento con flechas amarillas en las áreas en que deba circular.

En el caso en que por carencia de bodegas deba existir diverso material almacenado dentro de las subestaciones, éste deberá estar colocado en estantería metálica y en perfecto orden.

<sup>43</sup> Dependiendo del cable y la función.

<sup>44</sup> Existen también otras subestaciones como la de ayudas visuales, de los edificios para combustibles, etc.

<sup>45</sup> Normalmente localizadas en las subestaciones individuales.

Será responsabilidad del jefe de mantenimiento tener un registro permanente que muestre las fechas de los servicios realizados a cada uno de los componentes de la subestación, así como las fechas en que se proyecten los servicios subsecuentes.

En esta subestación se recibe la energía eléctrica comercial al potencial que maneja la compañía eléctrica en sus redes. Esta tensión puede ser de 13,200; 23,000 ó 34,200<sup>46</sup>; desde esta subestación se distribuye la energía a voltajes convenientes a todos los servicios del aeropuerto.

La subestación está integrada básicamente por un gabinete de medición, un interruptor en aire de alta tensión con fusibles de potencia, un transformador de distribución en baño de aceite, el baño de aceite<sup>47</sup> reducirá la tensión al voltaje de distribución conveniente y uno ó más juegos de cuchillas desconectadoras, fusibles con rellenos, fusibles adecuados para la carga que van a manejar ó bien un centro de distribución en menor tensión de donde se tomará la energía de consumo propio para las demás subestaciones.

#### **5.1.1.4 Interruptores de Alta Tensión.**

Este interruptor sirve para proteger al transformador de distribución contra cualquier tipo de disturbio, por lo tanto deberá verificarse que el mecanismo del disparo esté ajustando correctamente en cuanto se funda algún fusible y además se cuidará que todos los postes de contacto eléctrico estén libres de óxido, polvo ó suciedad.

#### **5.1.1.5 Transformadores de Distribución.**

Los transformadores de distribución instalados en la subestación general requieren de un filtrado del aceite dieléctrico en lapsos e seis meses en climas húmedos y un año en climas con humedad relativa inferior al 50%; además, los aisladores y los disyuntores deberán permanecer libres de polvo y suciedad por lo que cada seis meses se les practicará una limpieza a tales elementos.

#### **5.1.1.6 Subestación de Ayudas Visuales.**

---

<sup>46</sup> Según la red puede ser aún mayor.

<sup>47</sup> Principalmente el aceite es para limpiar.



La subestación de ayudas visuales está integrada por transformadores de distribución, de la capacidad adecuada, interruptores en aire de baja tensión, un centro de carga, interruptores derivados, reguladores de corriente constante, interruptores de transferencia y plantas diesel eléctricas de emergencia.

Tanto los transformadores de distribución como los reguladores de corriente constante recibirán un filtrado en su aceite dieléctrico cada seis meses en lugares húmedos y cada año en lugares relativamente secos; se procurará que las conexiones estén firmemente apretadas y libres de polvo y humedad por lo que se verificarán cada tres meses.

#### **5.1.1.7 Planta de Emergencia.**

La planta diesel eléctrica de emergencia de ayudas visuales se debe probar diariamente por un lapso de media hora, por lo general a las 17 horas para verificar su funcionamiento y el del interruptor de transferencia.

La periodicidad de las verificaciones del motor de combustión interna de la planta de emergencia está incluida en el manual de mantenimiento del fabricante.

#### **5.1.1.8 Subestaciones Diversas.**

Se consideran subestaciones diversas las de radio ayudas y servicios de tránsito aéreo, del edificio de pasajeros, la de la torre de control, la de talleres, las de las estaciones de aviación general y cualesquiera otra que sirva a instalaciones del aeropuerto. Estas subestaciones están integradas por un juego de cuchillas fusibles, un transformador de distribución en baño de aceite y un centro de distribución de baja tensión en sus correspondientes gabinetes, algunas de estas subestaciones incluyen, plantas diesel eléctricas de emergencia (pintadas dependiendo de la reglamentación existente) como en el caso de las subestaciones para el edificio de pasajeros y para la torre de control.

Ya se ha mencionado que mantenimiento se aplica a los transformadores de distribución y en cuanto a las plantas diesel eléctricas de emergencia como en el caso de las líneas visuales, se prueban diariamente a las 17 horas por un lapso de media hora.

### 5.1.1.9 Ayudas Visuales<sup>48</sup> Luminosas.

Las ayudas visuales luminosas son todas aquellas luces ó sistemas luminosos que facilitan la operación de aterrizaje, despegue o movimiento en tierra de una aeronave en el aeropuerto: dichas ayudas visuales son las siguientes:

- Faro giratorio.
- Luces de obstrucción.
- Luces de borde de pista.
- Luces del umbral (Luces de barra de ala).
- Luces de eje de pista.
- Luces de zona de parada.
- Luces de zona de toma de contacto (Luces de zona de parada).
- Luces de borde de calle de rodaje.
- Luces de eje de calle de rodaje.
- Luces de aproximación.
- Indicador de pendiente de aproximación PAPI.
- Cono de vientos.
- Iluminación de inundación en plataforma.
- Señalamiento vertical iluminado (Luces de identificación REIL, Luces de guía para atraque, barra de parada, luces de puntos de esfera de vehículos).

**1.- Faro Giratorio.-** El faro giratorio es una ayuda de localización que se instala en la parte más alta del aeropuerto, que emite destellos de calor blanco y verde, dispone de dos fuentes luminosas: una que trabaja normalmente y la obra de reserva que se conecta automáticamente cuando se funde la de trabajo normal; es muy importante rearmar el mecanismo del cambio de lámpara cuando se reemplaza la de trabajo normal.

Adicionalmente cada mes se engrasa el tornillo sinfín y engrane que hacen girar el conjunto; cada seis meses se verifica el funcionamiento de la fotocelda y el arranque manual que protege contra sobrecarga al motor eléctrico; esta unidad deberá pintarse de color amarillo.

**2.- Luces de Obstrucción.-** Estas luces sirven para balizar los obstáculos aeronáuticos o que se consideren como tales; verificándose diariamente que todas y

<sup>48</sup> Existen también las ayudas visuales no luminosas como son: Señalamiento horizontal, señalamiento vertical, señales y señalamiento de obstáculos.

cada una de las luces funcionen debidamente reemplazando las fuentes luminosas (focos) fundidas, asimismo, mensualmente se lavaran los globos prismáticos para asegurar la óptima transmisión de energía luminosa. Los postes ó estructuras de éstas luces deberán pintarse de color amarillo.

Adicionalmente, todos los postes tienen luces de obstrucción y pararrayos. Los pararrayos se verifican midiendo su resistencia a tierra que en ningún caso debe ser menor de 5 ohms.

Cada seis meses se verificará la circulación de corriente en cada uno de los cables de los circuitos de éstas luces para detectar cualquier degradación del aislamiento en cuyo caso deberá localizarse el punto de falla y repararse de inmediato.

Las luces de obstrucción están controladas mediante celdas fotoeléctricas por lo que éstas últimas se reemplazarán de acuerdo a las recomendaciones del fabricante a las 10,000 horas de operación.

**3.- Luces de Borde de Pista.-** Estas luces se instalan longitudinalmente y a ambos lados de la pista a tres metros de la orilla del pavimento espaciadas longitudinalmente no más de 60 m, son longitudinales de color blanco excepto en los últimos 600 m, ó una longitud igual a la mitad de la pista, la que sea menor, donde su color será ámbar en el sentido de la operación. Estas luces están conectadas a un circuito en serie y alimentadas con un regulador de corriente constante; eléctricamente el problema más común es la degradación del aislamiento del cable de alimentación cuyo aislante se compruebe mediante la utilización de un "megger".

Mensualmente se verificará que el interior de las bases universales se encuentren libres de acumulación de agua, se engrasaran todos los tornillos, se limpiarán todas las partes de aluminio y se lavarán los globos y filtros. Es necesario establecer un calendario para establecer dichas labores.

Todos los días se verificará que todas las luces enciendan y que no hayan elementos rotos, en el caso de que existan lámparas fundidas ó partes rotas, éstas se reemplazarán de inmediato; se probará la operación de encendido para verificar que efectivamente el sistema está en condiciones de operar; ó dicho de otra forma, todo el sistema de ayudas visuales se probará en la mañana con objeto de disponer de la luz diurna para la reparación de cualquier falla que surgiera en algún circuito.

Las bases de las luces de pista deberán pintarse de color amarillo y su número (de lámpara) con color negro.

**4.- Luces de Umbral.-** Estas luces son bidireccionales de color verde en el sentido de la aproximación y rojo en el contrario, se emplazan precisamente en el umbral con las configuraciones que varían en número de elementos luminosos dependiendo de la categoría de la pista de aterrizaje; están integradas al circuito de las luces de borde de pista y recibirán el mismo mantenimiento y verificaciones que esas luces. Las bases de estas luces, deberán pintarse de color amarillo con números negros.

**5.- Luces de Eje de Pista.-** Las luces de eje de pista se instalarán en aquellas pistas con categoría II y III. (Es opcional en categoría I) para aterrizar. Se instalarán primero a 22.5 metros del umbral de la pista y continuando a todo lo largo del eje con espaciamiento de 7.5 metros. Estas luces son de color blanco excepto en los últimos 900 metros, de estos los penúltimos 600 metros son de color rojo alternado con el color blanco y los 300 metros restantes son continuas y de color rojo. El sistema está constituido por circuito en serie y su mantenimiento y verificación serán los mismos que se siguen para las luces de borde con la necesidad adicional de que por ser empotradas estas luces están expuestas a la acumulación de polvo y residuos de hule por lo que diariamente deben cepillarse cuidadosamente para no dañar el lente.

**6.- Luces de Zona de Contacto.-** Este sistema se instala en los primeros 900 metros de la pista para aterrizaje con categoría II y III y está constituido por barras de 5 luces situadas a ambos lados del eje de la pista de aterrizaje con separación de 30 metros entre barra , que son una continuación de las barras de decisión del sistema de luces de aproximación; son de color blanco y están alimentadas por dos circuitos en serie por lo que su mantenimiento y verificaciones son las mismas que las que se siguen para las luces de eje.

**7.-Luces de Borde de Calles de Rodaje.-** Estas luces son de color azul y se emplazan a 3 metros del borde de pavimento de la calle de rodaje; en las curvas se instalan tantas luces como sea necesario para definir las y en las partes rectas a cada 60 m. Como las luces de pista están conectadas a circuitos en serie por lo tanto están sujetas al mismo mantenimiento y verificaciones que las de pista. Las bases de éstas luces deberán pintarse de color blanco.

**8.- Luces de eje de calle de rodaje.-** Estas luces son de color verde cuando no son de salida en cuyo caso son alternadas verde y amarillo, son rasantes y sirven para señalar el eje de las calles de rodaje, se inician desde el eje mismo de la pista de aterrizaje hasta el punto de tangencia exterior de la curva de las salidas de alta velocidad.

Estas luces están conectadas en circuitos en serie, y están sujetas a las mismas condiciones de mantenimiento y verificaciones que las del eje de pista.

**9.- Luces de aproximación.-** Como complemento a la instalación electrónica que corresponde al sistema de aterrizaje por instrumentos se instala el sistema de luces de aproximación que consiste en una serie de barras instaladas a cada 30 metros con una longitud total de 900 metros, conteniendo cada barra 5 luces blancas y una luz opcional de destello; adicionalmente la barra situada a 300 metros de la cabecera que informa al piloto de la proximidad del umbral tiene 20 luces. Este sistema permite la aproximación con mínimos meteorológicos techo y visibilidad menores en ILS de CAT I.

Este sistema está constituido por 1 circuitos de alimentación para el sistema de luces y de un circuito para las luces de destello cuando se instala, las cuales tienen un control de intermitencia que emite destellos y secuencia lineal comenzando por la lámpara más alejada de la pista, prosiguiendo hacia la más cercana a la cabecera; inmediatamente se repite la secuencia que tiene una duración de dos destellos por segundo.

El sistema de luces de aproximación se deberá verificar diariamente para asegurar que no hay lámparas dañadas, que se encuentren perfectamente limpias y que el sistema de destello opere adecuadamente<sup>49</sup>.

Este sistema es tanto para operación diurna como nocturna de acuerdo con las condiciones de visibilidad.

**10.- Sistema PAPI.-** (Indicador de pendiente de aproximación de precisión) Existen dos arreglos para este equipo de indicador visual de pendiente de aproximación de precisión, estos son llamados PAPI y APAPI.

El equipo PAPI consiste en una barra de ala con cuatro elementos de lámparas múltiples ó sencillas por pares, colocadas a intervalos iguales. Este equipo se instala al lado izquierdo de la pista.

El APAPI consiste en una barra de ala con dos elementos de lámparas múltiples ó sencillas por pares. Este equipo se instala al lado izquierdo de la pista.

Si la pista es utilizada por aeronaves que necesiten guía visual de balanceo la cual no se proporciona por otros medios externos, entonces puede proporcionarse una segunda barra de ala en el lado opuesto de la pista, en cualquiera de los equipos mencionados.

<sup>49</sup> Generalmente se sigue el mismo procedimiento de para el mantenimiento de luces de aproximación CATII y III.

El equipo PAPI permite dar al piloto las indicaciones visuales necesarias para colocar su avión sobre la pendiente de aproximación adoptada.

Esta ayuda es utilizable de día o de noche con buena o media visibilidad, sin necesidad de ningún instrumento a bordo del avión; el sistema es operacional para todos los aviones de turbina.

Con lámparas halogenadas de 200 watts, 6.6 amp. Su alcance visual durante el día es arriba de 10 Km. Y durante la noche se incrementa arriba de 15 Km., con un haz divergente de 10° en azimut.

Se puede instalar en ambientes desde -25°C y hasta 55°C, presentando buena resistencia a la corrosión.

**11.- Sistema REIL<sup>50</sup>.**- Este sistema es una ayuda integrada por dos luces de destello de alta intensidad localizadas una a cada lado del umbral de la pista y que se utilizan para identificación del umbral cuando existe dificultad para identificar las luces de umbral por interferencia lumínica en la aproximación.

Las unidades están conectadas a un circuito en paralelo de baja tensión y se debe verificar diariamente tanto para su operación eléctrica como para verificar que su ángulo sea correcto.

**12.- Iluminación de Emergencia, Lámparas de Batería.**- Estas luces son portátiles operadas con una batería de tipo plomo ácido encerradas en una caja de lámina pintada de color amarillo señalada con un número progresivo, con las siglas del aeropuerto; en la parte superior tienen instalado un lente similar a los de borde de pista fijo y una lámpara incandescente de 10 watts, se utiliza principalmente cuando no es económico instalar señales fijas de borde y umbral colocándose a ambos lados de la pista espaciados entre 60 y 100 metros, son de color blanco excepto las que deberán colocarse en los umbrales, las cuales son de color verde.

Se almacenan en locales amplios y ventilados donde haya posibilidad de que se forman chispas ó existan flamas ya que la reacción del ácido con el plomo produce un gas sumamente explosivo.

---

<sup>50</sup> Este sistema no es muy utilizado.

Diariamente se verificará el encendido de todas y cada una de las unidades y que la carga de las baterías se mantenga en los límites de operación conveniente utilizando para ello un probador de celdas y uno de acidez de la solución.

La vida promedio de una batería en éste tipo de trabajo es de un año, por lo que al cabo de éste lapso deberá reemplazarse.

Cualquier elemento defectuoso en la unidad deberá reemplazarse de inmediato.

**13.- Cono de vientos.**- El cono de vientos fue la primera ayuda con que contaron los aeropuertos, constituido por un poste y un soporte donde se aloja una manga de tela plástica de color anaranjado.

Este sistema sirve para indicar la dirección del viento y se emplaza atrás del sistema PAPI y a 75 metros del eje de la pista de aterrizaje; durante la noche, utiliza 4 lámparas para iluminación y una lámpara para luz de obstáculo, alimentadas las 5 desde la subestación de pistas; diariamente se verifica que estén encendidas ya que se controlan con celda fotoeléctrica, la manga se reemplaza como máximo cada 6 meses.

#### **5.1.1.10 Sistema de control de ayudas visuales (consola).**

Este control se lleva a cabo desde la torre de control por medio de una consola diseñada para tales efectos; está unida mediante cables a todos los dispositivos de control en la subestación de pistas.

Es responsabilidad del jefe de mantenimiento verificar con una periodicidad de 8 días todas las lámparas, los interruptores de palanca y que las conexiones se encuentren operando en perfectas condiciones reemplazando a aquellos elementos que se sospeche tengan alguna falla por pequeña que esta sea.

En la subestación de pistas existe un tablero en el cual se duplican los controles de todas las ayudas para que el encargado de la propia subestación las opere con indicaciones de la torre de control en caso de falla del control remoto de la torre de control.

### **5.1.1.11 Alumbrado de Plataforma de Maniobras.**

Este alumbrado está constituido por lámparas que iluminan el área de maniobra de la plataforma; están conectadas todas ellas a circuitos de 220 volts (baja tensión), su alimentación está instalada en la subestación del edificio y su control en la consola de control de ayudas visuales de la torre.

Se verifica diariamente que todas y cada una de las lámparas operen correctamente reemplazando aquellas que estén fundidas.

### **5.1.1.12 Alumbrado de Estacionamiento de Vehículos y Calles de Acceso.**

Este tipo de alumbrado se proporciona con lámparas, controlando su encendido con celdas fotoeléctricas; la protección de los circuitos eléctricos se encuentra localizada en la subestación del edificio; se verificara diariamente que todas y cada una de las luces se encuentren operando, reemplazando las lámparas ó reactores que así lo ameriten, semestralmente se efectuarán mediciones de circulación de corriente en cada uno de los circuitos para detectar la degradación del aislamiento de los cables, en caso de existir alguna falla, se reparará de inmediato.

### **5.1.1.13 Contactos de Plataforma.**

En la parte inferior y a 60 cm del nivel del piso, en los postes de alumbrado de plataforma se encuentran instalados varios contactos que son de tres tipos; monofásicos para 115 volts, bifásicos para 220 volts, y trifásicos para 220 volts, estos contactos son utilizados por personal de las compañías operadoras para el equipo de tierra utilizado en plataforma, la protección eléctrica del edificio, semestralmente se detectará la degradación de los aislamientos, para que en caso de haberla, se repare inmediatamente.

## **5.2 Mecánico.**

El principal objetivo del mantenimiento mecánico es el de prevenir las averías de las máquinas y mecanismos tanto como sea posible, llevando a cabo ajustes, reposiciones y reparaciones menores en períodos especificados. Estos períodos son establecidos, bien a través de la información procedente de los fabricantes sobre la esperanza de vida de los componentes esenciales o bien por la experiencia del trabajo con equipos similares.



En el caso de aeropuertos este mantenimiento es aplicable a bandas de equipaje, escaleras eléctricas, bombas, plantas de emergencia y otros motores, es importante evitar la corrosión en instalaciones de combustibles.

### **5.2.1 Disponibilidad de Refacciones.**

Este es un requisito esencial y tanto el almacenamiento como las entregas deben mantenerse al día, si se requiere que un sistema de mantenimiento preventivo opere eficazmente. Cuando se establece la orden de compra de una nueva máquina, debe incluirse una lista de refacciones en el pliego de condiciones. Esto asegurará la entrega de máquinas con refacciones suficientes, para repararlas adecuadamente cuando expire el plazo de garantía. Esta lista debe incluirse en un programa de mantenimiento preventivo.

El sistema puede ser ampliado también a máquinas o maquinarias en reconstrucción. Si no se puede obtener una lista de refacciones de los fabricantes, la máquina o mecanismo pueden ser examinados cuando estén desmontados en los talleres de reparación, y según la condición de los distintos accesorios y piezas, puede realizarse una lista de refacciones recomendada.

Las refacciones pueden obtenerse directamente de los fabricantes, o pueden ser suministrados adicionalmente por la empresa que reconstruya la máquina o mecanismo.

### **5.2.2 Manuales de Taller.**

Debe disponerse de manuales que contengan la necesaria información referente a:

- a) Sistema hidráulico de la máquina, con posiciones indicadas para los controles de presión.
- b) Vistas desglosadas de las cajas de cambio de velocidades.
- c) Circuitos eléctricos.

Donde sea posible, debe incluirse en el manual una sección de detección y corrección de averías. Si no se puede disponer de un manual que contenga la información suficiente, los datos pueden conseguirse y registrarse cuando los distintos conjuntos y órganos de las máquinas se hallen desmontados para su reparación.

### 5.2.3 Organización del Mantenimiento Mecánico Preventivo.

Cuando ya se dispone de las refacciones necesarias, equipo de pruebas y un amplio manual de taller, el paso siguiente es la organización de los programas. Esto puede ejecutarse de varias maneras. Además, hay sistemas computarizados y de ficheros-índice y. Se debe elegir uno de los varios sistemas en función del número de máquinas y de la disponibilidad de recursos.

En cada uno de los sistemas anteriores, se debe establecer una lista de los trabajos de mantenimiento para cada máquina o mecanismo. Estos incluirán inspecciones rutinarias y verificaciones. Se compone una ficha con la información correspondiente a cada trabajo en particular y su frecuencia. Después se reúnen las fichas de modo que las de las tareas más próximas a realizarse estén delante y si es necesario, se colocan separadores de meses y de días. Después de la terminación de cada trabajo, la ficha es rearchivada de manera que vuelva a alcanzar la posición delantera una vez que haya transcurrido el intervalo de tiempo apropiado.

Cada semana, las fichas seleccionadas se distribuyen entre el personal de mantenimiento, con detalles de las tareas que cada uno debe realizar. Cuando éstas han sido acabadas, se devuelven las fichas al empleado de archivo del departamento de mantenimiento, quien anotará que el trabajo ha quedado terminado y volverá a colocar la ficha en el lugar adecuado del fichero.

Si se llevará a cabo una operación mensual, el día 1 de marzo, por ejemplo, la ficha sería rearchivada en la posición correspondiente al día 1 de Abril, para ser distribuida de nuevo en esa fecha.

### 5.2.4 Averías de Maquinas y Mecanismos.

Todos los documentos de averías de máquina, mecanismos y la introducción de esquemas de mantenimiento preventivo dependen de que la información contenida en las hojas o impresos de averías esté registrada minuciosamente y sea cuidadosamente revisada. El técnico registrara todos los detalles posibles en el formulario y la responsabilidad de su exactitud debe ponerse en manos del personal supervisor.

Este personal también deberá organizar la rotación del trabajo expresado en las hojas de averías de máquina. Estos impresos, que tienen su origen en los supervisores de producción, deben dar una indicación del tipo de avería y serán distribuidos según los oficios. Una vez terminada la reparación, la hoja será devuelta al encargado del taller

de mantenimiento, con la firma del supervisor de producción para indicar que la reparación es satisfactoria. También deben registrarse, en la hoja, el tiempo empleado por el personal de mantenimiento y las refacciones utilizadas.

Por lo regular, el engrase de las máquinas es efectuado por un obrero semiespecializado; a veces este trabajo se combina con el de reparación de correas. Inicialmente se le asigna un recorrido y un número de máquinas y generalmente, se arbitra un sistema sencillo para permitirle operarla sin supervisión. Este obrero puede cubrir normalmente todas las reparaciones o ajustes de correas, con un informe rendido semanalmente al encargado del taller de mantenimiento sobre el material y las refacciones utilizadas.

Las roturas de las tuberías y las obstrucciones de las bombas de los circuitos de refrigeración de las bombas de los circuitos de refrigeración de las máquinas herramientas, presentan una altísima proporción de averías. Para superar cualquier retraso indebido, producido por la rotura de un pequeño tubo, se ha comprobado la utilidad de tener un ajustador destinado únicamente a este trabajo.

Conviene mencionar aquí que, donde está en funcionamiento un sistema de mantenimiento preventivo, las averías críticas son reparadas por personal no vinculado a dicho mantenimiento. Este personal solamente llevará a cabo las reparaciones cuando ocurran las averías. El sistema de mantenimiento preventivo pretende eliminar por completo las averías críticas, excepto las producidas por accidente o por negligencia. Por esta razón, es recomendable adoptar un sistema de mantenimiento planificado, siempre que sea posible.

### 5.3 Electrónico.

La principal diferencia que existe entre un equipo eléctrico y uno electrónico es el voltaje, siendo el eléctrico el que utiliza más voltaje. En los aeropuertos el principal equipo electrónico utilizado es: pantallas informativas, pantallas de control, equipo de computo, equipos de inspección de pasajeros y equipaje, instrumentos y diversos dispositivos entre otros.

El mantenimiento preventivo y correctivo así como la inspección física del equipo electrónico consiste en pruebas detalladas de seguridad para comprobar que el aparato funciona en forma segura y confiable. Para realizar este tipo de mantenimiento es muy importante tener a la mano todos los manuales, guías e instrucciones dadas por los fabricantes.

Dentro de los principales elementos que podemos encontrar en un equipo electrónico se encuentran.

- **Resistores.-** Existen en numerosas formas y tipos. A excepción del alambre, son probablemente el componente electrónico más común.
- **Capacitores.-** Existen en numerosas formas y tamaños, se clasifican en dos categorías principales: Polares (electrolíticos) y No- Polares.
- **Semiconductores.-** Los semiconductores existen en muchas variedades, se caracterizan por la presencia de una unión semiconductor. Se clasifican ocasionalmente en dos grandes áreas: Bipolares y Unipolares. Por lo general pueden fallar abiertos o en corto.
- **Transistores.-** Los transistores son dispositivos de tres terminales, los cuales contienen dos o más uniones. Existen con diferentes especificaciones de voltaje, corriente o potencia y con diferentes polaridades.
- **Circuitos integrados.-** En general todos los comentarios sobre los transistores se aplican a los circuitos integrados. Debido al número de terminales (pins) debe tenerse especial cuidado al desmontar un circuito integrado para evitar daños del mismo. Un circuito integrado puede ser fácilmente dañado por el exceso de calor de la pistola de soldar al soldar o desoldar el circuito de su tarjeta. Por lo general, los circuitos integrados son más susceptibles a sufrir daños por electricidad estática que los transistores. Los circuitos integrados son especialmente vulnerables.
- **Fusibles.-** Los fusibles son dispositivos de dos terminales que prácticamente existen en todos los instrumentos. Los fusibles tienen por objeto proporcionar protección contra cambios de tensión electrónica e incendios, son componentes electrónicos únicos, ya que se puede decir que un fusible ha cometido su función cuando falla, se funde o abre un circuito. Una vez que un fusible ha realizado su función debe ser reemplazado.

Las principales fallas o funcionamiento deficiente que podemos encontrar en un equipo electrónico son:

- **No electrónicas.-** conexiones rotas o sueltas, polvo, corrosión, desgaste mecánico, etc.

- **Electrónicas.-** Fallas de un componente o de un circuito, por lo general la parte electrónica de un instrumento es la más confiable.

Dependiendo del equipo o dispositivo a que será sometido a una inspección los tiempos en que deben ser revisados cambian.

- **Primer nivel de inspección.-** Es una inspección general y un procedimiento de prueba operacional que se realiza en cada unidad una vez al año. Para identificar deficiencias mayores o menores que puedan ser corregidas para asegurar su correcto funcionamiento.
- **Segundo nivel de inspección.-** Es una revisión detallada de la condición de los dispositivos físicos externos y la integridad operacional, esta debe realizarse cada seis meses.
- **Tercer nivel de inspección.-** Es esencialmente una operación funcional y de pruebas de seguridad. Es breve y no tiene la intención de retirar el equipo de servicio. Este nivel de inspección se realiza a la mitad del periodo comprendido entre las inspecciones del primero y segundo nivel.

### 5.3.1 Localización de fallas.

Se requiere de una base amplia de conocimientos que incluye: electrónica, física, química, óptica, mecánica, teoría de medición, funcionamiento del equipo, etc. La localización de fallas requiere de buenas habilidades prácticas, como:

- **Observación cuidadosa.-** Saber qué es lo que se busca, cuándo buscarlo y donde buscarlo.
- **Utilización efectiva.-** De los manuales de servicio y otras fuentes de datos técnicos.
- **Uso adecuado de herramientas, manuales y maquinaria pequeña.-** Utilizar la herramienta o maquinaria adecuada para la tarea a realizar y utilizarla en forma correcta, cumpliendo con los requisitos de seguridad, es fundamental.

- **Buenas técnicas de soldadura.**- Utilizar una pistola para soldar limpia y buena, seguir las instrucciones para evitar daños en los componentes delicados, tarjetas de circuitos, aislantes, etc.
- **Conocimientos sobre el montaje de dispositivos, el desarmado y los métodos para desmontar componentes.**- Proceder con cautela, cuidando el orden de las cosas, para evitar dificultades adicionales y permitir el reensamblaje apropiado. Es muy conveniente llevar un registro donde se vayan anotando los datos indispensables para recordatorio futuro y para hacer esquemas y dibujos.
- **Buenas medidas de seguridad.**- No sólo para el que esta localizando la falla, sino también para identificar y cambiar aquellas partes que pudieran representar un riesgo para el operador o usuario del dispositivo.

### 5.3.1.1 Técnicas de Localización, Aislamiento y Ubicación.

Un módulo funcional generalmente corresponde a un bloque en el diagrama funcional de un instrumento. Por ejemplo, las fuentes de poder, los amplificadores, los osciladores, los amplificadores, etc.

Un circuito es la parte de un instrumento que realiza una sub-función electrónica. Es parte de un módulo funcional. Por ejemplo: la entrada de un amplificador, el filtro de una fuente de poder, los impulsores de salida de un amplificador, etc.

Un componente es la parte del instrumento que controla un circuito, la corriente, el voltaje, etc. Un grupo de componentes conectados juntos forman un circuito. Son ejemplos de componentes, los interruptores, los resistores, los capacitores, los transformadores, los transistores, los circuitos integrados, las lámparas, etc.

Los componentes se emplean para hacer circuitos. Los circuitos conforman los módulos funcionales, a su vez los módulos funcionales conforman un instrumento o dispositivo. Los dispositivos pueden conectarse para formar un sistema.

Siempre realizar las cosas fáciles primero, considerar cuales son las causas más probables del problema y revisarlas primero.

Siempre ser sistemático y registrar sus resultados para que se sepa lo que ya se ha revisado y saber que funciona correctamente

### 5.3.1.2 Aislamiento a un circuito.

- 1) Aislar una falla, restringiéndola a un circuito dentro de una función es el único factor adicional que se emplea para el conocimiento mas detallado de circuitos.
- 2) Al aislar una falla a un circuito, es útil a menudo revisar los diagramas “esquemáticos”, si es que se encuentran disponibles.
- 3) Ubicación del componente defectuoso.
  - Al buscar un componente defectuoso, recordar cuáles son los componentes menos confiables y por lo tanto los más propensos a fallar.
  - Verificar primero el componente más viable de fallar.
- 4) Al encontrar la falla.
  - Determinar la causa de la falla. Si el problema radica en un componente defectuoso, es importante primero determinar la causa de la falla antes de reemplazar el componente defectuoso. Por ejemplo sustituir un resistor quemado debido a un transistor en corto, sólo hará que se consuman más resistores hasta que se reemplace el resistor en corto.
  - Corregir el problema y probar que el dispositivo está funcionando correctamente.
  - Repasar todo el proceso de localización de falla y reparación.

### 5.3.1.3 Equipos de Prueba y Mediciones.

Las consideraciones básicas para hacer mediciones y las características del equipo de prueba usual. El técnico que trata de localizar una falla debe estar totalmente familiarizado con los principios básicos de las mediciones y el equipo de prueba que va a utilizar antes de obtener la información máxima de cualquier medición. No debe hacerse ninguna medición, sin antes saber lo que se espera de ella.

El propósito de usar equipos de prueba y hacer mediciones mientras se está localizando una falla es obtener información sobre una falla o sobre la causa de la misma.

## 5.4 Automotriz.

Las operaciones de los aeropuertos requieren diversos vehículos de apoyo como: autos, furgonetas o camionetas y camiones convencionales, pintados en color brillante para que resulten más visibles, recorren las calles de rodaje, rampas y pistas. También son necesarios otros vehículos más especializados: como los "remolcadores" con tracción en las cuatro ruedas se enganchan al tren de aterrizaje delantero de los aviones para guiarlos al entrar y salir de las rampas de estacionamiento. Se utilizan camiones especiales para suministros y servicio de hostelería, cuyo espacio de carga puede subirse y bajarse mediante elevadores hidráulicos para aprovisionar los aviones de alimentos y agua. Aún se utilizan camiones cisterna para suministrar a muchos tipos de aviones el combustible que se transporta desde depósitos situados a una distancia prudente de las terminales, aunque en los aeropuertos muy grandes, donde esperan recargar docenas de aviones de fuselaje ancho y de otros tipos, el combustible debe transportarse por medio de conducciones subterráneas aisladas hasta la zona de rampas donde unas unidades móviles lo trasiegan a los depósitos de las aeronaves.

Otros vehículos necesarios para el buen funcionamiento de los aeropuertos son los equipos de urgencias y de incendios, como los vehículos contra incendios equipados para arrojar agua, espumas químicas o polvo a gran velocidad y a distancias considerables. También hay unidades médicas y ambulancias. En los aeropuertos transitados son frecuentes las alarmas cuando el tránsito aumenta.

### 5.4.1 Programa de Mantenimiento Automotriz.

Con relación a los programas de mantenimiento preventivo automotriz en unidades de transporte y carga utilizados en aeropuertos, se elaboran y aplican de acuerdo a la conveniencia y necesidades de la empresa que los opera. Estos programas generalmente pueden estar basados en función del tiempo y kilometraje. Estos a su vez toman como base las especificaciones de los diferentes fabricantes de los conjuntos del tren motriz y accesorios. El historial y la vida útil de los diferentes componentes de un vehículo son los parámetros a tomar en cuenta en el desarrollo de los programas de mantenimiento preventivo.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo típico del mantenimiento preventivo que se aplica a los vehículos automotores, tomando como referencia el kilometraje desarrollado. Mencionando de manera breve las actividades que se distinguen entre sí:



Tabla 7 Etapas para mantenimiento automotriz<sup>51</sup>

PERIODO	ACTIVIDADES
5,000 a 10,000 Km.	Consiste en una simple revisión visual en donde se elabora lo mínimo que sea necesario, de hecho sólo se reportan las posibles futuras reparaciones.
20,000 a 30,000 Km.	Consiste en realizar parte de los reportes anteriores, así como el cambio de aceites, filtros, y efectuar un engrase general.
Cada 50,000 Km.	En éste, se realizan inspecciones más profundas como desarmar y revisar incluyendo muchas veces el cambio de piezas.

#### 5.4.2 Servicio Automotriz.

Para un servicio apropiado al automóvil se requieren tres cosas:

- 1) Tener las herramientas con que se hará la reparación.
- 2) Tener refacciones disponibles a la mano.
- 3) Saber qué hacer y como hacerlo.

Se tienen tres razones para dar servicio a un vehículo:

- 1) Cuando se tiene que dar mantenimiento preventivo.
- 2) Cuando el propietario desea un cambio en el rendimiento, apariencia o comodidad.
- 3) Cuando se tiene que corregir un problema concreto.

El mantenimiento preventivo se hace siguiendo un programa periódico que indique tiempo y kilometraje. Tiene por objeto prolongar la vida del vehículo y así evitar problemas. El mantenimiento preventivo incluye lubricación, inspección de frenos, alineación de las ruedas y rotación de llantas y es rutinario cuando se utilizan los procedimientos normales del servicio.

Los cambios en economía, rendimiento, apariencia y comodidad llevan consigo la instalación de partes fabricadas, como amortiguadores o ruedas y llantas especiales. Para lograr un cambio en el rendimiento, es posible que se necesite sustituir o agregar partes. Esto podría incluir un cambio de llantas y rines, muelles o barras estabilizadoras. Aquí se especifican nuevamente los procedimientos de servicio. El

<sup>51</sup> Esta tabla presenta una manera muy generalizada de inspección, ya que esta depende del tipo y marca del vehículo.

mecánico debe saber exactamente qué es lo que se requiere y tener instrucciones específicas de lo que se va a hacer.

Quien proporcione al vehículo el mantenimiento periódico programado, logrará que dure mucho más. Este servicio incluye lubricación de algunas partes móviles, medir niveles de fluidos, cambio de aceite y una inspección visual. El mantenimiento periódico apropiado y la inspección darán por resultado costos reducidos de operación durante la vida útil del vehículo. El mantenimiento preventivo alargará la vida del automóvil y de cada parte del sistema. Las inspecciones periódicas permitirán conocer qué partes están desgastadas o defectuosas, antes que causen problemas y se conviertan en peligrosas y dañen otras partes. El mecánico automotriz tiene que saber no sólo cómo funciona cada parte del sistema, sino también los procedimientos correctos para efectuar el servicio.

La lubricación periódica es la actividad del servicio de mantenimiento más común. Es importante seleccionar el lubricante apropiado para cada parte o ensamble. El lubricante equivocado puede acortar la vida útil de una parte, como si no utilizara lubricante alguno.

El mantenimiento de las llantas consiste en la inspección visual, medición de la presión de inflado, rotación y balanceo de las ruedas. Se tienen que inspeccionar las llantas a intervalos regulares de tiempo y dependiendo del uso que se le dé al vehículo.

#### 5.4.2.1 Automotores Diesel.

El funcionamiento y el mantenimiento de los motores Diesel destinados a los transportes terrestres, camiones, tractores, etc. Exigen mucha más atención de la que se dedica a los automotores de gasolina que se destinan a esta clase de servicios y que son tan fáciles de manejar.

**Servicio Semanal.** Es muy importante mantener el motor limpio y que la temperatura del circuito de refrigeración se conserve en el valor correcto. A continuación se mencionan los principales trabajos que se deben llevar a cabo para el buen funcionamiento del motor.

Una vez por semana debe tenerse cuidado de ciertos detalles de importancia. Deben llenarse los engrasadores del mecanismo de puesta en marcha, de los ventiladores y de los cojinetes del motor de arranque.

Cuando el arranque se lleva a cabo con una batería, ésta debe rellenarse semanalmente de agua. Cuando el combustible es muy limpio, puede transcurrir un tiempo considerable antes de que los elementos filtrantes necesiten ser limpiados, pero cuando el combustible es sucio se deberá limpiar el filtro por lo menos una vez cada semana. Las toberas de inyección deben inspeccionarse y limpiarse semanalmente.

Debe tensarse la correa del ventilador y deben purgarse el agua y los sedimentos del tanque de combustible. Es preciso reparar todo el motor y apretar todos los pernos y tuercas, prestando particular atención a los mayores, procurando que en ninguna ocasión queden flojos.

Si el motor trabaja constantemente, una vez por semana debe retirarse el aceite de engrase, el cual debe ser lavado cuidadosamente; cuando se realiza esta operación, es necesario evacuar también el aceite del filtro del cárter y del depósito.

Deben limpiarse todos los elementos filtrantes y quitar del cárter el lodo y el sedimento, así como inspeccionar cuidadosamente el engrase de todas las bombas, particularmente las del combustible.

**Inspección y Servicio Mensual.** Cada mes deben inspeccionarse los juegos de las válvulas de aspiración y escape y, si es necesario, hay que volverlas a ajustar. Hay que conservar cuidadosamente los juegos de válvulas recomendados por el fabricante del motor.

Deben limpiarse cuidadosamente los filtros del aire; si son secos, deben sustituirse las telas filtrantes, y si son húmedos, deben desmontarse y limpiarse según las instrucciones del fabricante.

También es muy importante que con regularidad se limpien cada mes los radiadores mediante aire a presión, y si se observa que pierden aire, deben repararse. Excepto en casos de urgencia, no es nunca aconsejable reparar los radiadores que pierden cemento o masticos, ya que estas pastas pueden obstruir los conductos o dificultar la circulación del agua, con lo cual se disminuye el poder refrigerante. Para limpiar radiadores, es recomendable emplear pastas de buena calidad.

**Inspección Trimestral.** Se recomienda que todos los juegos de las bombas de combustible, y particularmente de algunas de sus válvulas, sean inspeccionados cada tres meses. Es muy importante que, por lo menos cuatro veces al año, se repasen

todos los elementos del circuito de inyección de combustible, el cual debe limpiarse completamente y cuyos desgastes y ajustes hay que comprobar.

Si el escape contiene humo, por pequeño que sea la emisión, deben limpiarse de carbón y polvo los colectores de escape, culata, etc., quitando también todas las acumulaciones de carbonilla y otras materias que se encuentren en la cámara de combustión.

## CAPÍTULO 6

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Los ingenieros encargados de la "operación y mantenimiento" de un aeropuerto enfrenta múltiples retos y una amplia gama de problemas que tendrá que resolver adecuadamente, tratando de buscar las soluciones más convenientes para cada caso.

Las tendencias mundiales indican un notable incremento en el número de operaciones, se tienen múltiples ejemplos de aeropuertos en el mundo que han sido afectados de una u otra manera con el aumento del tráfico aéreo. En algunos aeropuertos de Europa como el Charles de Gaulle, cerca de París, en una primera etapa dio una solución para resolver el aumento del tránsito internacional: un gran edificio de pasajeros rodeada por satélites con sus propias puertas de llegada y salida. Otros grandes aeropuertos como Heathrow, añadió un cuarto edificio de pasajeros. Lamentablemente el terreno del actual aeropuerto de la Ciudad de México permite solo ampliaciones menores, teniendo quizás como única solución el cambio de ubicación del mismo. Finalmente y de modo general para aumentar la capacidad de un aeropuerto se tiene que aumentar el número de pistas respetando la separación entre ellas, por motivos de seguridad como se mencionó en el capítulo 2.

De acuerdo con las proyecciones a futuro según las cuales el volumen anual mundial de pasajeros podría duplicarse en menos de diez años, se están construyendo grandes aeropuertos en todo el mundo. Además de las nuevas instalaciones de Munich, otros ejemplos son Airtropolis Terminal 2 en el aeropuerto de Changji, en Singapur, un audaz complejo que está construyéndose en una isla artificial en la bahía de Osaka, Japón, y el nuevo aeropuerto, muy discutido, en Denver, Colorado.

Los aviones deben despegar y aterrizar aprovechando el viento, por lo que la ubicación de las terminales y el trazo de las pistas dependen en gran medida de la pauta de los vientos más frecuentes. Otros factores para la ubicación de un aeropuerto son las características geográficas, como las colinas y montañas próximas y la conveniencia de evitar rutas de aproximación y salida sobre zonas residenciales pobladas. Tales requisitos han hecho que sea cada vez más difícil encontrar lugares para los aeropuertos y nuestro país no es la excepción.

Eliminar el ruido y la contaminación atmosférica han sido una tarea complicada tanto para los ingenieros de aeropuertos como para los diseñadores de aviones, sin embargo, aún cuando se cuenta con grandes avances al respecto, siguen presentándose contaminaciones, básicamente por el aumento en el número de operaciones.

Los diseñadores de aeropuertos deben tomar en cuenta el peso y la envergadura de las alas de los aviones que están por venir ya que como se mencionó en el capítulo 2 algunas empresas están por sacar aviones con mayor capacidad, esto también implica diseñar los hangares, las zonas de carga, las rampas de estacionamiento, las calles de rodaje y las pistas de acuerdo a las especificaciones de estas aeronaves.

Es importante ofrecer varios tipos de transporte eficiente en un aeropuerto para así movilizar rápidamente a los pasajeros, dichos transportes pueden ser autobuses de pasajeros, trenes, transporte acuático en algún caso. Muchos aeropuertos, sobre todo de Europa y Japón, también ofrecen líneas directas de ferrocarril para movilizar este tráfico. Es importante contar actualmente con una amplia gama de servicios dentro de un aeropuerto para la comodidad de los pasajeros que van desde elementos básicos, como mostradores para la venta de boletos, zona de recepción de equipajes, vestíbulos, sanitarios, restaurantes y hasta hoteles de lujo, centros de conferencias, centros comerciales y zonas de juego para niños, venta de revistas y periódicos, cafeterías, oficinas de correos y bancos, taxis, agencias de alquiler de automóviles y los inmensos estacionamientos que son necesarios para las conexiones con tierra

Debido a los atentados del 11 de Septiembre del 2001 en Nueva York se han incrementado los procedimientos de seguridad e inspección los cuales son cada vez más tecnificados, Esto ha afectado sin duda los tiempos de viaje ya que las líneas y las autoridades aeroportuarias exigen una revisión mucho más exhaustiva dando como resultado mayores retrasos.

Es de suma importancia que, a pesar de las dificultades técnicas, económicas o de cualquier índole, se aplique el mantenimiento necesario para tener en óptimas condiciones de servicio a un aeropuerto, evitando así el deterioro del mismo y la aparición de fallas, y en el caso de que se lleguen a presentar repararlas inmediatamente antes de que el daño ponga en riesgo la seguridad del pasaje.

Es necesario contar con una organización y logística adecuadas de mantenimiento con asignación suficiente de recursos que permiten disponer en forma confiable y segura de las instalaciones cuando se requieren.

El pavimento rígido presenta múltiples ventajas (funcionalidad, mantenimiento, oposición al derrape, agrietamiento, durabilidad, etc.) en comparación con el pavimento flexible. Quizá una de las pocas ventajas del pavimento flexible es el costo de construcción, el cual es todavía más bajo que el del pavimento rígido, sin embargo el costo de mantenimiento del pavimento flexible es mayor al de pavimento rígido.

Es importante contar con sistema de drenaje eficiente, ya que como se mencionó en el capítulo 4, el agua es el enemigo más grande del pavimento, si no se cuenta con un sistema de drenaje adecuado se tendrán a lo largo de la vida útil de las pistas múltiples problemas, entorpeciendo las operaciones y aumentando los costos. En el caso de estar en una región donde nieve es de suma importancia retirarla tan pronto como sea posible ya que puede ser causante también de graves accidentes (En algunos países se pone sal para disminuir el derrape en pistas) afortunadamente es problema es casi nulo en nuestro país.

Es importante también dar un adecuado mantenimiento eléctrico, electrónico, mecánico y automotriz en un aeropuerto ya que toda la infraestructura esta conectada de alguna u otra manera siendo todo parte de un sistema.

Cuando se construye un nuevo aeropuerto o se realizan ampliaciones a uno ya construido se debe diseñar y construir estrictamente apegados a las normas y lineamientos internacionales y/o locales ya que si no se hace así se pueden presentar múltiples problemas a futuro.

**BIBLIOGRAFÍA.**

- Adams, Motores Diesel, quinta Edición, 1968, 596 pp.
- Crespo, Vías de Comunicación, Ed. Limusa, tercera Edición, 1084, 687 pp.
- Díaz Infante Luis Armando, Curso de Edificación, Trillas, primera edición, 1995, 275 pp.
- Dovalí Ramos Federico, Apuntes del Curso de Aeropuertos, Facultad de Ingeniería UNAM, 1999.
- Fuentes Zenón Arturo, Cuadernos de Planeación y Sistemas 6. 2ª Impresión. DEPTI, UNAM 1991 México D.F. 63 pp.
- Horonjeff, Planning & Desing of Airports, 4<sup>th</sup> edition. Ed Mc. Graw Hill, 1994. 616 pp.
- Instituto Mexicano del Transporte, Seminario Internacional de Pavimentos, SCT, México., 1991, 467 pp.
- Iván Resendíz Héctor, Mantenimiento de Aeropuertos, Tesis Licenciatura, UNAM, 1995.
- Luyando López German, Sistema de Administración de Pavimentos para Aeropuertos, Tesis de Posgrado, UNAM, 1999.
- Carlos Narcía Morales, Drenaje y Pavimentos en Aeropuertos, Tesis Licenciatura, UNAM, 2000.
- Fernando Olivera Bustamente, Estructuración de Vías Terrestres, segunda edición, CECSA, 1996, 413 pp.
- Porrí y Littan, Mantenimiento y Reconstrucción de Maquinaria, Hispano Europea, primera edición, 1974, 263 pp.



- Yang H. Huang, *Pavement Analysis and Design*, Prentice Hall, 1993, 805 pp.
- Ruíz Luis Gabriel, *Planeación y Construcción de Aeropuertos*, Tesis Licenciatura, UNAM, 2001.
- William W. Hay, *Ingeniería de Transporte*, Limusa, México, 1983, 739 pp.
- Alexander T.T. Wells, Ed.D, *Airport Planning & Management*, Mc Graw Hill, 2<sup>nd</sup> edition, 1992, 500 pp.
- Yoder, *Principles of Pavement Design*, A-Wiley, second edition, 1975, 711 pp.

#### Otras Fuentes.

- Revista, *Ingenieros y Arquitectos*. Año 4. no 11, México 2001.

#### Páginas Consultadas en Internet.

- [www.asa.gob.mx](http://www.asa.gob.mx)
- [www.cemex.com](http://www.cemex.com)
- [www.airbus.com](http://www.airbus.com)
- [www.boeing.com](http://www.boeing.com)
- [www.swedfligh.com](http://www.swedfligh.com)
- [www.dinatest.com](http://www.dinatest.com)
- [www.sai-systems.com](http://www.sai-systems.com)