

870115

9
24

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA DE INGENIERIA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"ESTUDIO DEL PLAN MAESTRO PARA EL DESARROLLO DEL
AEROPUERTO DE CD. JUAREZ, CHIHUAHUA"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
ABUNDIO HERNANDEZ GOMEZ
GUADALAJARA, JALISCO 1989



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

" ESTUDIO DEL PLAN MAESTRO PARA EL DESARROLLO DEL AERO --
 PUERTO DE CD. JUAREZ, CHIHUAHUA "

	Pág.
I.- INTRODUCCION	1
II.- PLAN MAESTRO	7
III.- PROYECCIONES A FUTURO	12
IV.- ESTUDIOS DE LOCALIZACION DEL AEROPUERTO . . .	30
IV.1.- TIPO DE DESARROLLO DEL AREA CIRCUNDANTE	30
IV.2.- CONDICIONES ATMOSFERICAS	31
IV.3.- ACCESO AL TRANSPORTE TERRESTRE	31
IV.4.- DISPONIBILIDAD DE TERRENO PARA EXPAN- SION	31
IV.5.- PRESENCIA DE OTROS AEROPUERTOS EN EL - AREA	32
IV.6.- OBSTACULOS EN LAS INMEDIACIONES	32
IV.7.- ECONOMIA DE LA CONSTRUCCION	32
IV.8.- DISPONIBILIDAD DE RECURSOS	33
V.- ORIENTACION DE LAS PISTAS	36
VI.- ANALISIS DE CAPACIDAD	41
VI.1.- CALCULO DE CAPACIDAD Y CONFIGURACION DE PISTAS	44
VI.2.- CALCULO DE CAPACIDAD EN PLATAFORMAS . .	46
VII.- DISEÑO GEOMETRICO	
VII.1.- CALCULO DE LONGITUD DE PISTAS	50
VII.2.- PROYECTO GEOMETRICO	55
VII.3.- DRENAJE Y SUBDRENAJE	59
VIII.-DISEÑO DE PAVIMENTOS	65
VIII.1.- DIFERENCIAS OPERACIONALES ENTRE LOS - PAVIMENTOS DE AEROPUERTOS Y LOS DE CA	

RRETERAS	66
VIII.2.-ESTUDIOS GEOTECNICOS	76
VIII.3.-PAVIMENTOS FLEXIBLES	77
VIII.4.-PAVIMENTOS RIGIDOS	82
IX.- AYUDAS PARA LA NAVEGACION	89
X.- INSTALACIONES Y SERVICIOS	93
X.1.- ZONA TERMINAL	93
X.2.- RESCATE Y EXTINCION DE INCENDIOS	98
XI.- CONSERVACION DE PAVIMENTOS	
XI.1.- INTRODUCCION	99
XI.2.- DEFINICION DE LAS FALLAS	99
XI.3.- CLASIFICACION DE LAS FALLAS	101
XI.4.- PROBABLES CAUSAS DE LAS FALLAS	101
XII.- CONCLUSIONES	103
BIBLIOGRAFIA	

CAPITULO I. - INTRODUCCION

CAPITULO I.- INTRODUCCION

Ciudad Juárez, Chihuahua, es una de las ciudades - de la república llamadas a evolucionar rápidamente, ya - que aunado a su posición de frontera, está el estableci- miento de la industria maquiladora en este lugar.

Las actividades del turismo y el comercio, cobran_ auge en este lugar, ya que las transacciones fronterizas_ son muy elevadas, principalmente en cuanto a centros de_ esparcimiento y diversión. Aparentemente la oferta turfs_ tica (restaurantes, hoteles, bares, etc.) es suficiente - para la demanda aunque esta demanda es hecha sólo por al- gunas horas del día.

Respecto a las transacciones fronterizas éstas acu_ san un déficit, ya que es mayor la demanda de productos - extranjeros. Es pues necesario llevar a cabo programas - de donde se fomente la creación de ingresos y empleo.

Cd. Juárez, cuenta con una población de aproxmada_ mente un millón quinientos mil (1'500,000) habitantes, en muchos casos es considerada una sola zona metropolitana - El Paso-Juárez, por lo que representaría una ciudad de - aproximadamente 3'000,000 de habitantes. La extensión to_ tal de la región de Cd. Juárez es de 4,853.84 km², esta - región presenta el clima (BW) seco desértico templado con verano cálido. La precipitación media anual es de 209.6 mm, siendo los meses con más lluvias de julio a septiem- bre.

En esta región predomina el pastizal de tercera, - siendo un 57%, le sigue un 37% pastizal de 4a. y sierras_ rocosas y, médanos y zonas urbanas y un 6% de agrícola - de riego.

Es factible que el financiamiento para este nuevo aeropuerto, pueda ser dentro de algún programa de desarrollo regional por parte de alguna institución internacional, ya que su ubicación fronteriza será de gran importancia en la reciente apertura comercial del país.

Es por esto que se espera un gran incremento del tráfico aéreo en esta zona y por lo tanto el aeropuerto debe estar preparado para recibir dicho aumento.

Como el crecimiento de la ciudad impide la ampliación del aeropuerto actual, es por esto que se analiza el cambio del emplazamiento aeroportuario, que cumpla con todos los requisitos que imponen las especificaciones más recientes.

La localización del emplazamiento propuesto es a 29 km del centro de la ciudad por la carretera panamericana, 4,500 m desviación derecha; este lugar se ha considerado el óptimo en cuanto a las condiciones atmosféricas, capacidad de expansión, espacios aéreos, características del terreno y cercanías con servicios y accesos viales de la ciudad.

Por lo que respecta al problema ambiental del actual aeropuerto (específicamente el ruido), con este nuevo emplazamiento se resuelve, ya que por su ubicación y el uso potencial del suelo adyacente como zonas industriales, es decir, quedará alejado de las zonas residenciales de la ciudad así como en un polo diferente hacia el cual están dándose los nuevos fraccionamientos habitacionales.

HISTORIA DE LA AVIACION:

En 1903 los hermanos Wilbur y Orville Wright se disponían a demostrar que podían volar en una extraña máquina, formada con dos grandes planos, semejantes a una enorme y rara cometa, que iban a probar la confianza que tenían en su absurdo intento. Orville se sentó entre las palancas de mando, en la carlinga situada entre ambos planos.

Wilbur hizo funcionar la hélice de seis aletas, la máquina arrancó, cobró velocidad y se elevó. Permaneciendo en el aire unos doce segundos. Ese mismo día efectuó otros tres vuelos, y en uno de ellos recorrió 284 metros por el aire, volando durante 59 segundos... ¡Casi un minuto!

Aquella mañana, un antiquísimo sueño norteamericano, los capitales Stevens y Anderson, subieron en globo hasta unos 20,000 metros de altura para obtener valiosas informaciones científicas.

En 1960, el mayor David G. Simons, de la Fuerza Aérea de E.U., alcanzó una altura de 30,942 metros en el globo "AF-WRI-I". En 1961, dos aviadores de Estados Unidos alcanzaron una altura mayor aún.

Poco más o menos en la época en que los hermanos Wright trabajaban en un avión en su taller de bicicletas de Dayton, un joven e impetuoso brasileño llamado Santos-Dumont causaba admiración a los parisienses, con vuelos en un globo en forma de cigarro, que tenía delante una hélice y atrás un timón. Le había puesto un motor de gasolina, y en 1904 obtuvo un premio de 20,000 dólares por haber volado alrededor de la Torre Eiffel, pese a una

brisa, volviendo luego a su base.

En ese mismo año el conde Zeppelin de Alemania, sacó a su Zeppelin 1 de su cobertizo del lago Constanza. Era una aeronave enorme; el progenitor de todos los demás Zeppelins hasta llegar al que hizo la travesía de Alemania a Estados Unidos, en menos de 5 días, y dió la vuelta al mundo, más, tarde, en 1929.

Sin embargo, el incendio y destrucción del modernísimo dirigible Hindenburg, en 1937, al tomar tierra en el aeropuerto de Lakehurst, puso de manifiesto los serios inconvenientes de ese tipo de aeronaves, y todos los países abandonaron la construcción de ellas.

Los Wright empezaron con planeadores, antes de llegar a los aeroplanos con motor. Para los planeadores necesitaban contar con vientos regulares. Preguntaron a la oficina Meteorológica dónde podían hallarlos, y ésta los mandó a Kitty Hawk, en la Carolina del Norte. Para entonces, ya se había inventado el motor de gasolina para los automóviles, pero resultaba demasiado pesado aún para los aeroplanos. Por lo tanto, los hermanos Wright tuvieron que fabricarse ellos mismos un motor. El avión completo, con un hombre a bordo, sólo pesaba 400 kg.

Durante la década 1930-40, el avión comenzó a dominar los cielos en 1918, entre París y Londres. En Alemania, Francia, Inglaterra, Estados Unidos y otros países, todo el negocio del transporte de correspondencia por vía aérea fue confiado a compañías privadas que, con la ayuda obtenida en esta forma, pudieron ir tejiendo la gigantesca red de rutas aéreas que ahora cubre gran parte del --

mundo.

Al principio, usaron bombarderos que habfan quedado de la Primera Guerra Mundial. Estos aviones eran eficaces, pero toscos y no proporcionaban muchas comodidades - ni seguridad a los pasajeros. Pero la gente se mostraba ansiosa por ver lo que ve el pájaro; poco a poco, el negocio del vuelo cobró impulso. Cuando las compañías, por fin, pudieron proporcionar mejor equipo, y la industria aeronáutica hubo aprendido a fabricar aviones cómodos y seguros, la gente empezó a fluir en masa a los aeródromos. Porque, hasta entonces, lo que les había impedido volar era, sobre todo, el temor.

Desde 1936, el avión "Standard" en uso en todas las líneas aéreas Norteamericanas era el Douglas de 12 toneladas, el DC-3. Transportaba pasajeros y una tripulación de 3 personas: el piloto, el primer oficial y la camarera.

En 1940, los tan famosos Stratoliners Boeing 307 ingresaron al servicio transcontinental regular y dieron un paso más hacia la seguridad en los vuelos.

Los Stratoliners fueron construidos sobre el mismo diseño que los aviones de bombardeo Boeing, que se llamaron "fortalezas volantes" en la segunda Guerra Mundial.

En 1947, apareció el DC-6. Tiene una envergadura de 40 metros y un fuselaje de 33. Cuatro motores de 2100 C.V. le proporciona una velocidad de 500 kph., a cerca de 7000 metros de altura. Un expulsor especial usa los gases de escape de los motores para aumentar el impulso hacia adelante, un poco como los motores de reacción. El

avión da cabida a 52 pasajeros, con una tripulación de cinco; pero toma 70 en los viajes cortos.

En 1958 apareció el DC-7, que desarrolla mayor velocidad, y posteriormente aparecieron los aviones de turbo-hélice, y luego los de "propulsión a chorro" o "retro-propulsión", comúnmente llamados "JET".

USOS DE LA PROPULSION A CHORRO

Después del vuelo, un oficial de la Real Fuerza Aérea que había sido testigo accidental del mismo, no podía comprender por qué el avión no tenía hélice. No la necesitaba: en la propulsión a chorro el movimiento hacia adelante se produce por escapes de gas que se hacen pasar por una estrecha abertura.

Desde el memorable vuelo del avión de Frank Whittle en 1941, la propulsión a chorro ha hecho accesibles al hombre los más remotos ámbitos del cielo y del espacio. En la actualidad, los transportes de 189 pasajeros, tales como el Boeing 707, vuelan a alturas hasta de 13,000 m y pueden recorrer los 4,400 km, de Nueva York a Los Angeles en sólo tres horas y 52 minutos. Treinta y cuatro años después del vuelo de 33.5 hrs. de Carlos A. Lindbergh de Nueva York a París, un avión de propulsión a chorro puede recorrer la misma distancia en sólo una décima parte del tiempo.

Hay tres tipos básicos de propulsión a chorro para aviones o proyectiles; la turbina de propulsión a chorro, el ariete de propulsión a chorro y el cohete. Estos sistemas de energía pueden combinarse unos con otros. Se usan otras clases de motores de propulsión a chorro para lanchas y automóviles.

CAPITULO II.- PLAN MAESTRO.

CAPITULO II.- PLAN MAESTRO

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.

El objetivo completo del plan maestro de un aeropuerto reside en suministrar las directrices para satisfacer la demanda de aviones y que ha de ser compatible con el medio ambiente, desarrollo de la comunidad y otros medios de transporte. Más específicamente se define como una guía para el desarrollo y planificación de los sistemas que integran un aeropuerto tales como:

- 1.- SISTEMA AEREO.- Comprende los espacios aéreos dentro del aeropuerto sin incluir los espacios en ruta.
- 2.- ESPACIOS DEL CAMPO DE VUELO.- Están limitados por superficies imaginarias que proporcionan un espacio libre de obstáculos para facilitar las maniobras de aterrizaje y despegue.

Estas superficies limitadoras de obstáculos son:

- a).- Superficie horizontal externa
- b).- Superficie horizontal interna
- c).- Superficie cónica
- d).- Superficie de aproximación
- e).- Superficie de aproximación interna
- f).- Superficie de aproximación fallida
- g).- Superficie de despegue

- h).- Superficie de transición
- i).- Superficie de transición interna

- 3.- SISTEMA AERONAUTICO TERRESTRE.- Lo integran las pistas, calles de rodaje y plataformas. Para aumentar la capacidad en este sistema se analiza el número de pistas necesarias, los rodajes de accesos y salidas, los espacios de estacionamientos en plataformas (de operaciones y de avionetas).

Para reducir la distancia entre aviones se recomienda la mejora de ayudas instrumentales.

En este sistema se comprende la orientación y localización de pistas, así como los diseños geométricos y de pavimentos.

- 4.- ZONA TERMINAL.- Lo integran las siguientes áreas:

- a).- Area administrativa
- b).- Area técnica
- c).- Area terminal de pasajeros
- d).- Area de servicios o concesiones
- e).- Area terminal de carga y correos
- f).- Areas de servicios de campo

El flujo de pasajeros en la zona terminal se separa en nacionales e internacionales ya sean de llegada, salida o en tránsito.

Si la zona terminal es de varios niveles, debe darse información y separación de flujos vertical y horizontal.

- 5.- SISTEMA TERRESTRE.- Comprende los caminos de acceso -

al aeropuerto y estacionamiento de vehiculos. Requiere de estudios de capacidad para zonas de carga y des carga, caminos perimetrales y de acceso y capacidad - de estacionamientos.

- 6.- ABASTECIMIENTO, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLES.- Para proyectar este sistema se determina la cantidad de vuelos, los tipos de aviones y la distancia por volar, estimándose mensualmente el volumen de combustible para su almacenamiento.
- 7.- ZONA INDUSTRIAL.- Comprende los locales de mantenimiento, hangares de las compañías aéreas, servicios a los aviones, equipos e instalaciones de la zona terminal y aprovechamiento agrícola y ganadero de los terrenos del aeropuerto.

La planificación de aeropuertos se ve complicada - por la diversidad de instalaciones y servicios necesarios para el movimiento de aeronaves, pasajeros y mercancías, - así como de los vehiculos terrestres con ellos relacionados, y la necesidad de integrar su planificación.

El rápido crecimiento del transporte aéreo está re basando la capacidad de muchos aeropuertos internacionales y da motivos para que se reconsideren los conceptos , los métodos de despachos y las instalaciones y servicios. El tráfico cada vez mayor de pasajeros y de mercancías - impondrá nuevas exigencias a los aeropuertos, aunque los movimientos de aeronaves puede que aumenten con menor rapidez, debido a la introducción de aeronaves de mayor tamaño.

El resultado de ello es que las administraciones -

responsables de los aeropuertos del mundo se enfrentan - ahora con un nutrido programa de mejoras y construcción - para satisfacer estas necesidades de la manera más efi- - ciente posible.

El plan general de un aeropuerto deberfa ser el -- marco más eficaz dentro del cual cada una de las instala- - ciones pueda realizar sus funciones respectivas con los - mayores niveles posibles de eficiencia. No siempre resul- - ta posible adaptar los mejores planes para cada una de - las instalaciones, de manera que se integren en un plan - total para el aeropuerto, sin hacerles algunas modifica- - ciones para que resulten compatibles entre sí. A menudo, esto significa cierta pérdida de perfección en cada uno - de los planes individuales, pero la buena planificación - permitirá obtener un equilibrio óptimo, de forma que se - obtenga un plan total que sea más eficaz en su aplica- -- ción, y que, por lo tanto, tenga mayor capacidad y efi- - ciencia de las que tendrfa si no hubiese una reconcilia- - ción entre los planes de cada una de las instalaciones. - Sin embargo, hay que tener cuidado para asegurar que las soluciones intermedias a que se llegue no afecten adversa- - mente a la seguridad.

El plan más eficiente para el aeropuerto, conside- - rado en conjunto, es aquél que proporciona la capacidad - necesaria para los movimientos de aeronaves, pasajeros, - mercancfas y vehfculos, junto con la máxima comodidad pa- - ra los pasajeros, explotadores y el personal, y con las - menores inversiones de capital y gastos de explotación.

La flexibilidad y las posibilidades de ampliación_ deberfan considerarse conjuntamente y son fundamentales -

para todos los aspectos de la planificación. Las características particulares de algunos emplazamientos pudieran hacer necesario decidir que si bien no es posible la ampliación futura, el plan debería continuar adelante. Este es un asunto que habrá de juzgarse localmente a la vista de las condiciones particulares de cada caso. Sin embargo, nunca es necesario abandonar el requisito en cuanto a flexibilidad. La mayoría de los aeropuertos pueden planearse con una flexibilidad inherente, incluso aunque quizás no sea posible ampliarlos en el futuro.

En el proceso de planificación general de aeropuertos deben tener presente tanto el papel de los medios aeronáuticos, como el de los no aeronáuticos apropiados. - El plan maestro de aeropuertos conjuntamente con sus proyectos de desarrollo recomendados, será de interés para una diversidad de gente y organismos, entre los cuales figuran los particulares, organismos locales, usuarios del aeródromo, organismos de planificación, grupos protectores de medio ambiente, transportistas de superficie, concesionarios, líneas aéreas y otros ambientes aeronáuticos.

**CAPITULO III.- PROYECCIONES A
FUTURO.**

CAPITULO III.- PROYECCIONES A FUTURO

El grado de precisión apropiado de la pronosticacion puede definirse con relacion a los incrementos de la capacidad, para los que es posible establecer fases de desarrollo aeroportuario.

Hasta cierto punto, estas fases variarán para cada aeropuerto. Si los incrementos son tales que no existe - dependencia crítica en la precisión de los pronósticos, - un sistema sencillo de pronosticacion (y barato) puede - ser suficiente. La precisión que se requiere en la pro- nosticacion de los vuelos está relacionada con la capaci- dad ofrecida por cada pista adicional. En la pronostica- cion del tráfico de pasajeros y mercancías despachado, es conveniente una precisión mayor, debido a que las necesi- dades de capacidad, a base de las cuales pueden construirse los edificios del terminal o ampliarse, son menores - que las unidades de capacidad que resultan de la adicion_ de pistas. Sin embargo, si un requisito adicional de ter- minal sobrepasa la posibilidad física de proporcionarlo - en un aeropuerto existente, la unidad de capacidad es en- tonces mayor. Similarmente, se requiere una precisión - mayor en los pronóstico de los requisitos relativos a las plataformas.

RESUMEN DE DATOS PARA PROYECCIONES A FUTURO DE OPERACIONES:

AÑO	OPERACIONES	
	COMERCIAL	PRIVADA
1978	19,412	12,338
1979	20,624	14,391
1980	20,620	14,486
1981	20,376	17,833
1982	18,874	16,737
1983	19,716	14,484
1984	21,780	17,820
1985	23,664	17,136

FUENTE: Gerencia ASA, Aeropuerto Internacional de Chihuahua.

III.1.- PROYECCIONES A FUTURO CON OPERACIONES:

III.1.a.- OPERACIONES COMERCIALES

1.- Utilizando el método de regresión lineal por mínimos cuadrados.

X : años

Y : Operaciones

X _i	Y _i	(X _i - \bar{X})	(Y _i - \bar{Y})	(X _i - \bar{X})(Y _i - \bar{Y})	(X _i - \bar{X}) ²
1978	19,419	-3.5	-1,215.125	4,252.94	12.25
1979	20,624	-2.5	- 10.125	25.31	6.25
1980	20,620	-1.5	- 14.125	21.91	2.25
1981	20,376	-0.5	- 258.125	129.06	0.25
1982	18,874	0.5	-1,760.125	- .880.06	0.25
1983	19,716	1.5	- 918.125	-1,377.19	2.25
1984	21,780	2.5	1,145.875	2,864.69	6.25
1985	23,664	3.5	3,029.875	10,604.56	12.25
				15,640.50	42.00

$$\bar{X} = 1,981.5$$

$$\bar{Y} = 20,634.125$$

$$b = 15,640.50/42.0 = 372.39$$

$$a = 20,606 - 372.39(1,981.5) = -717,284.785$$

$$Y = -717,284.785 + 372.39x$$

Para el año de 1995 ----- Y = 25,633 Operaciones.

Para el año de 2000 ----- Y = 27,495 Operaciones.

2.- Utilizando el método de CURVA EXPONENCIAL MODIFICADA.

$$Y = K + ab^x \quad ; \quad b^t = (P_3 - P_2)/(P_2 - P_1) \quad ; \quad K = P_1 - a$$

$$a = (P_2 - P_1)/(b^t - 1)$$

P_3 = Operaciones correspondientes al año de 1985

P_2 = Operaciones correspondientes al año de 1984

P_1 = Operaciones correspondientes al año de 1983

$$b^t = (23,664 - 21,780)/(21,780 - 19,716) = 0.913$$

$$a = (21,780 - 19,716)/(0.913 - 1) = -23,724.14$$

$$K = 19,716 + 23,724.14 = 43,440.14$$

$$Y = 43,440.14 + (-23,724.14)(0.913)^x$$

Para el año 1995 con $x=12$ ----- $Y = 25,633$ Operaciones.

Para el año 2000 con $x=17$ ----- $Y = 27,495$ Operaciones.

Una vez obtenidos los resultados de los dos métodos anteriores, se procede a tomar las operaciones resultantes del método que tenga mayor correlación (en este caso el de REGRESION LINEAL).

Por lo tanto, las operaciones resultantes con operaciones comerciales son:

Para el año 1995 ----- $Y = 25,633$ Operaciones.

Para el año 2000 ----- $Y = 27,495$ Operaciones.

OPER.

PROYECCIONES CON OPERACIONES COMERCIALES
AEROPUERTO DE CD. JUAREZ, CHIH.

30,000

20,000

10,000

1975

1980

1985

1990

1995

AÑO

19,419

20,624

20,624

20,376

18,874

19,716

21,780

23,654

METODO DE REGRESION SIMPLE

III.1.b.- OPERACIONES PRIVADAS

1.- Utilizando el método de regresión lineal por mínimos cuadrados.

X : años

Y : Operaciones

X _i	Y _i	(X _i - \bar{X})	(Y _i - \bar{Y})	(X _i - \bar{X})(Y _i - \bar{Y})	(X _i - \bar{X}) ²
1978	12,338	-3.5	-3,315.125	11,602.94	12.25
1979	14,391	-2.5	-1,262.125	3,155.31	6.25
1980	14,486	-1.5	-1,167.125	1,750.69	2.25
1981	17,833	-0.5	2,179.875	-1,089.94	0.25
1982	16,737	0.5	1,083.875	541.94	0.25
1983	14,484	1.5	-1,169.125	-1,753.69	2.25
1984	17,820	2.5	2,166.875	5,417.19	6.25
1985	17,136	3.5	1,482.875	5,190.06	12.25
				24,184.50	42.00

$$\bar{X} = 1,981.5$$

$$\bar{Y} = 15,653.125$$

$$b = 24,184.50/42.0 = 590.82$$

$$a = 15,653.125 - 590.82(1.981.5) = -1'155,059.53$$

$$Y = -1'155,059.53 + 590.82x$$

Para el año de 1995 ----- Y = 23,626 Operaciones.

Para el año de 2000 ----- Y = 26,580 Operaciones.

2.- Utilizando el método de CURVA EXPONENCIAL MODIFICADA.

$$Y = K + ab^x \quad ; \quad b^t = (P_3 - P_2)/(P_2 - P_1) \quad ; \quad K = P_1 - a$$

$$a = (P_2 - P_1)/(b^t - 1)$$

P_1 = Operaciones correspondientes al año 1980

P_2 = Operaciones correspondientes al año 1982

P_3 = Operaciones correspondientes al año 1984

$$b^t = (17,820 - 16,737)/(16,737 - 14,486) = 0.4811$$

$t = 2$ años, por lo tanto $b = 0.6936$

$$a = (16,737 - 14,486)/(0.4811 - 1) = -4,338.02$$

$$K = 14,486 + 4,338.02 = 18,824.02$$

$$Y = 18,824.02 + (-4,338.02)(0.6936)^x$$

Para el año 1995 con $x=15$ ----- $Y = 18,806$ Operaciones.

Para el año 2000 con $x=15$ ----- $Y = 18,821$ Operaciones.

Analizando los dos métodos anteriores, el método -
que tiene mayor correlación es el de REGRESION LINEAL.

Por lo tanto los resultados (en operaciones privadas) --
son:

Para el año 1995 ----- $Y = 23,626$ Operaciones.

Para el año 2000 ----- $Y = 26,580$ Operaciones.

OPER.

PROYECCIONES CON OPERACIONES PRIVADAS

AEROPUERTO DE CD. JUAREZ, CHIH.

30,000

20,000

10,000

MEJODO DE REGRESION SIMPLE

1978

1980

1985

1990

1995

AÑO

12,338

14,391

14,486

17,633

16,737

14,484

17,820

17,136

RESUMEN DE DATOS PARA PROYECTORES A FUTURO DE PASAJEROS :

AÑO	PASAJEROS	
	COMERCIAL	PRIVADA
1978	257,616	39,005
1979	289,295	42,335
1980	331,223	39,363
1981	362,844	47,019
1982	385,400	42,000
1983	447,000	49,000
1984	554,000	55,000
1985	749,186	58,265

FUENTE: Gerencia ASA, Aeropuerto Internacional de Chihuahua.

III.2.- PROYECCIONES A FUTURO CON PASAJEROS:

III.2.a.- VUELOS COMERCIALES

1.- Utilizando el método de regresión lineal por mínimos cuadrados.

X : años

Y : Pasajeros

X_i	Y_i	$(X_i - \bar{X})$	$(Y_i - \bar{Y})$	$(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1978	257,636	-3.5	-164,437	575,529.5	12.25
1979	289,295	-2.5	-132,778	331,945	6.25
1980	331,223	-1.5	- 90,850	136,275	2.25
1981	362,844	-0.5	- 55,229	27,614.5	0.25
1982	385,400	0.5	36,673	18,336.5	0.25
1983	447,000	1.5	24,927	37,390.5	2.25
1984	554,000	2.5	131,927	329,817.5	6.25
1985	749,186	3.5	327,113	1'144,395.5	12.25
				2'601,804.0	42.0

$$\bar{X} = 1,981.5$$

$$\bar{Y} = 422,073$$

$$b = 2'601,804.0/42.0 = 61,947.71$$

$$a = 422,073 - 61,947.71(1,981.5) = -122,327,314$$

$$Y = -122'327,314 + 61,947.71x$$

Para el año de 1995 ----- Y = 1'258,367 Pasajeros.

Para el año de 2000 ----- Y = 1'568,106 Pasajeros.

2.- Utilizando el método de CURVA EXPONENCIAL MODIFICADA.

$$Y = K + ab^x ; \quad b^t = (P_3 - P_2)/(P_2 - P_1) ; \quad K = P_1 - a$$

$$a = (P_2 - P_1)/(b^t - 1)$$

P_1 = Núm. de pasajeros en el año 1978

P_2 = Núm. de pasajeros en el año 1980

P_3 = Núm. de pasajeros en el año 1982

$$b^t = (385,400 - 331,223)/(331,223 - 257,636) = 0.736$$

$$t = 2 \text{ años, por lo tanto } b = 0.858$$

$$a = (331,223 - 257,636)/(0.736 - 1) = -278,738.636$$

$$K = 257,636 + 278,738.636 = 536,374.64$$

$$Y = 536,374.64 + (-278,738.636)(0.858)^x$$

Para el año 1995 con $x=17$ ----- $Y = 515,746$ Pasajeros.

Para el año 2000 con $x=22$ ----- $Y = 526,782$ Pasajeros.

De los dos métodos anteriores, el que tiene más -
correlación es el de REGRESION LINEAL.

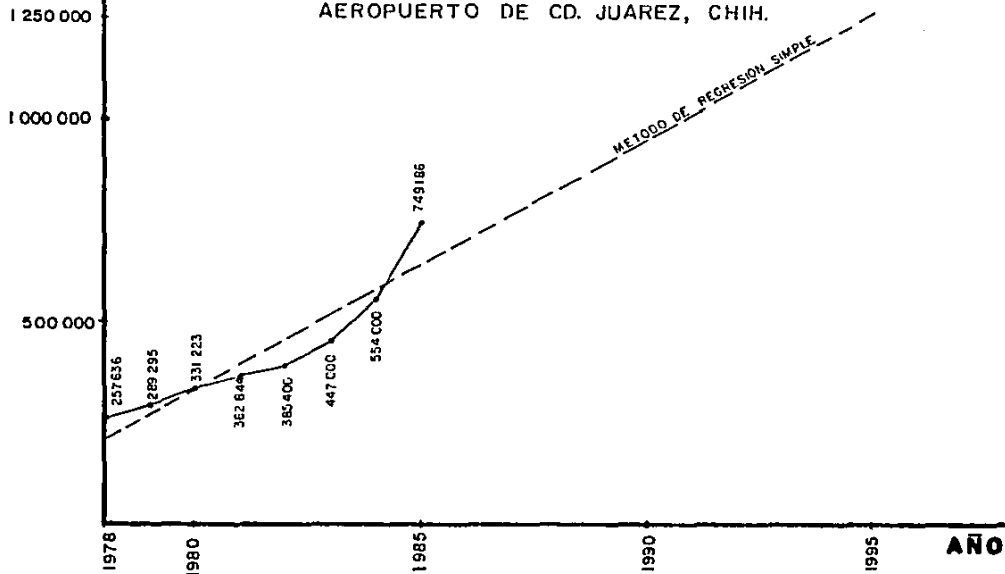
Por lo tanto los resultados (con pasajeros en vue-
los comerciales) son:

Para el año 1995 ----- $Y = 1'258,367$ Pasajeros.

Para el año 2000 ----- $Y = 1'568,106$ Pasajeros.

PASAJEROS

PROYECCIONES CON PASAJEROS EN VUELOS COMERCIALES
AEROPUERTO DE CD. JUAREZ, CHIH.



III.2.b.- VUELOS PRIVADOS

1.- Utilizando el método de regresión lineal por mínimos cuadrados.

X : años

Y : Pasajeros

X _i	Y _i	(X _i - \bar{X})	(Y _i - \bar{Y})	(X _i - \bar{X})(Y _i - \bar{Y})	(X _i - \bar{X}) ²
1978	39,005	-3.5	-7,493.375	26,226.81	12.25
1979	42,335	-2.5	-4,163.375	10,408.44	6.25
1980	39,363	-1.5	-7,135.375	10,703.06	2.25
1981	47,019	-0.5	520.625	- 260.31	0.25
1982	42,000	0.5	-4,498.375	-2,249.19	0.25
1983	49,000	1.5	2,501.625	3,752.44	2.25
1984	55,000	2.5	8,501.625	21,254.06	6.25
1985	58,265	3.5	11,766.625	41,183.19	12.25
				111,018.50	42.0

$$\bar{X} = 1,981.5$$

$$\bar{Y} = 46,498.375$$

$$b = 111,018.50/42.0 = 2,643.30$$

$$a = 46,498.375 - 2,643.30(1,981.5) = -5'191,200.57$$

$$Y = -5'191,200.57 + 2,643.30x$$

Para el año de 1995 ----- Y = 82,183 Pasajeros.

Para el año de 2000 ----- Y = 95,399 Pasajeros.

2.- Utilizando el método de CURVA EXPONENCIAL MODIFICADA.

$$Y = K + ab^x \quad ; \quad b^t = (P_3 - P_2)/(P_2 - P_1) \quad ; \quad K = P_1 - a$$

$$a = (P_2 - P_1)/(b^t - 1)$$

P_1 = Núm. de pasajeros en el año 1983

P_2 = Núm. de pasajeros en el año 1984

P_3 = Núm. de pasajeros en el año 1985

$$b^t = (58,265 - 55,000)/(55,000 - 49,000) = 0.544$$

$$t = 1 \text{ año, por lo tanto } b = 0.544$$

$$a = (55,000 - 49,000)/(0.544 - 1) = -13,157.89$$

$$K = 49,000 + 13,157.89 = 62,157.89$$

$$Y = 62,157.89 + (-13,157.89)(0.544)^x$$

Para el año 1995 con $x=12$ ----- $Y = 62,149$ Pasajeros.

Para el año 2000 con $x=17$ ----- $Y = 62,157$ Pasajeros.

Del análisis de los 2 métodos anteriores, el primero (REGRESION LINEAL) tiene mayor correlación.

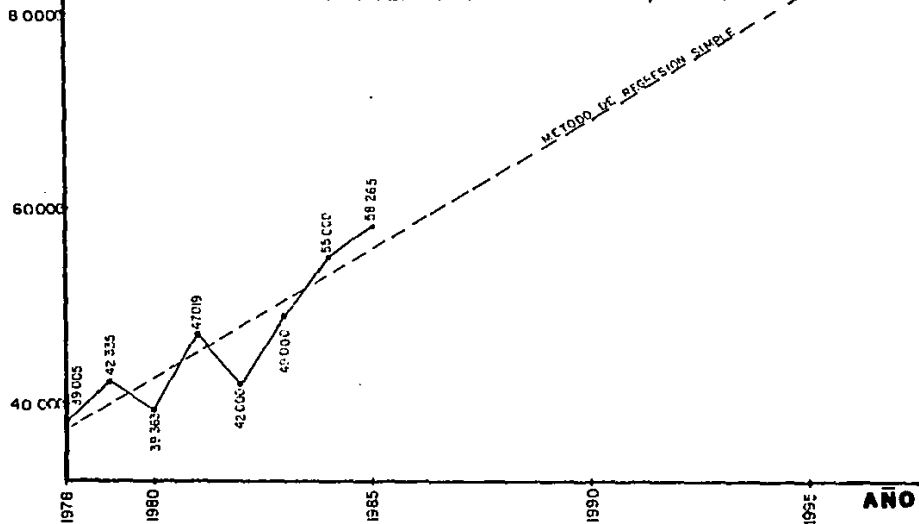
Por lo tanto los resultados (con pasajeros en vuelos privados) son:

Para el año 1995 ----- $Y = 82,183$ Pasajeros.

Para el año 2000 ----- $Y = 95,399$ Pasajeros.

PASAJEROS

PROYECCIONES CON PASAJEROS EN VUELOS PRIVADOS
AEROPUERTO DE CD. JUAREZ, CHIH.



RESUMEN DE DATOS PARA PROYECCIONES A FUTURO CON COMBUSTIBLE:

ARO	COMBUSTIBLE (Lts.)
1965	292,000
1970	898,000
1975	1'658,000

III.3.- PROYECCIONES A FUTURO PARA COMBUSTIBLE:

1.- Utilizando el método de regresión lineal por mínimos cuadrados.

X : año

Y : Litros

X _i	Y _i	(X _i - \bar{X})	(Y _i - \bar{Y})	(X _i - \bar{X})(Y _i - \bar{Y})	(X _i - \bar{X}) ²
1965	292,000	-5	-657,333.33	3'286,666.67	25
1970	898,000	0	- 51,333.33	0	0
1975	1'658,000	5	708,666.67	3'543,333.33	25
				6'830,000.00	50

$$\bar{X} = 1970$$

$$\bar{Y} = 949,333.33$$

$$b = 6'830,000/50 = 136,600$$

$$a = 949,333.33 - 136,600(1970) = -268'152,666$$

$$Y = -268'152,666 + 136,600x$$

Para el año de 1995 ----- Y = 4'364,334 Litros.

Para el año de 2000 ----- Y = 5'047,334 Litros.

2.- Utilizando el método de CURVA EXPONENCIAL MODIFICADA.

$$Y = K + ab^x ; \quad b^t = (P_3 - P_2)/(P_2 - P_1) ; \quad K = P_1 - a$$

$$a = (P_2 - P_1)/(b^t - 1)$$

P_1 = Litros en el año 1965

P_2 = Litros en el año 1970

P_3 = Litros en el año 1975

$$b^t = (1'658,000 - 898,000)/(898,000 - 292,000) = 1.254$$

$$t = 5 \text{ años, por lo tanto } b = 1.046$$

$$a = (898,000 - 292,000)/(1.254 - 1) = 2'385,826.772$$

$$K = 292,000 - 2'385,826.772 = -2'093,826.77$$

$$Y = -2'093,826.77 + (2'385,826.772)(1.046)^x$$

Para el año 1995 con $x=30$ ----- $Y = 7'101,972$ Litros.

Para el año 2000 con $x=35$ ----- $Y = 9'420,747$ Litros.

Del análisis de los 2 métodos anteriores, el primero (regresión lineal) tiene mayor correlación.

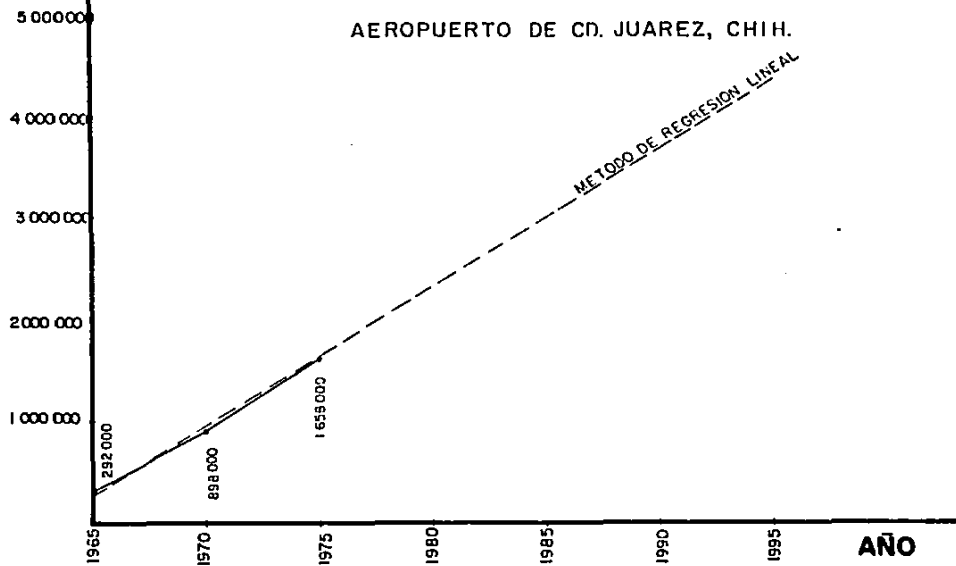
Por lo tanto los resultados (con litros) son:

Para el año 1995 ----- $Y = 4'364,334$ Litros.

Para el año 2000 ----- $Y = 5'047,334$ Litros.

LITROS

PROYECCIONES CON COMBUSTIBLE
AEROPUERTO DE CD. JUAREZ, CHIH.



**CAPITULO IV.- ESTUDIOS DE LOCALIZACION
DEL AEROPUERTO**

- IV.1.- TIPO DE DESARROLLO DEL AREA CIRCUNDANTE.
- IV.2.- CONDICIONES ATMOSFERICAS.
- IV.3.- ACCESO AL TRANSPORTE TERRESTRE.
- IV.4.- DISPONIBILIDAD DE TERRENO PARA EXPANSION.
- IV.5.- PRESENCIA DE OTROS AEROPUERTOS_ EN EL AREA.
- IV.6.- OBSTACULOS EN LAS INMEDIACIONES.
- IV.7.- ECONOMIA DE LA CONSTRUCCION.
- IV.8.- DISPONIBILIDAD DE RECURSOS.

CAPITULO IV.- ESTUDIOS DE LOCALIZACION DEL AEROPUERTO

Para la buena selección del lugar conveniente para un nuevo aeropuerto debe de establecerse primeramente una serie de criterios que servirán de guía a la hora de determinar la exacta ubicación y sus dimensionamientos. La mayor parte de estos criterios sin embargo, también pueden aplicarse a las ampliaciones de los aeropuertos existentes. El emplazamiento de un aeropuerto estará condicionado a los siguientes factores:

- 1.- Tipo de desarrollo del área circundante.
- 2.- Condiciones atmosféricas.
- 3.- Accesibilidad al transporte terrestre.
- 4.- Disponibilidad de terreno para ampliación.
- 5.- Presencia de otros aeropuertos en la zona.
- 6.- Obstrucciones circundante.
- 7.- Economía de la construcción.
- 8.- Disponibilidad de medios
- 9.- Proximidad de demanda aeronáutica.

IV.1.- TIPO DE DESARROLLO DEL AREA CIRCUNDANTE. -

Resulta ser este factor extremadamente importante, ya que la actividad de un aeropuerto, desde el punto de vista -- del ruido, en particular, suele ser el de mayores objetivos por parte de los vecinos cercanos al aeropuerto; por lo tanto, resulta esencial hacer un estudio de los usos - actuales y futuros de los terrenos adyacentes. Aquellos emplazamientos que ofrecen una gran compatibilidad con - las actividades del aeropuerto son los que tienen prioridad.

Siempre que sea posible, se debe evitar la proximidad con áreas residenciales y colegios. En aquellos em--

plazamientos en los que el desarrollo está muy diseminado, deberá considerarse la posibilidad de redactar las ordenanzas pertinentes que controlen la utilización de los terrenos adyacentes al aeropuerto con objeto de evitar futuros conflictos.

IV.2.- CONDICIONES ATMOSFERICAS.- La presencia de niebla, bruma y humo reduce la visibilidad y por lo tanto produce el efecto de disminuir la capacidad de tráfico del aeropuerto, ya que la capacidad cuando existe poca visibilidad es menor que cuando la visibilidad es buena. La niebla tiene tendencia a establecerse en las áreas donde existe poco viento, siendo posible que la falta de este viento sea la topografía circundante. De igual manera la bruma y el humo están presentes en las proximidades de las grandes zonas industriales.

IV.3.- ACCESO AL TRANSPORTE TERRESTRE.- El tiempo que el pasajero tarda en llegar desde su punto de origen hasta el aeropuerto hay que tenerlo muy en cuenta.

En muchos casos, el tiempo para realizar este recorrido en tierra excede notablemente del que se emplea en el transporte aéreo y claro está que con la introducción de los transportes a reacción al margen ha aumentado aún más.

En un vuelo de 740 km. entre dos grandes áreas metropolitanas, los tiempos empleados en el transporte terrestre son casi el doble del tiempo de vuelo.

IV.4.- DISPONIBILIDAD DE TERRENO PARA EXPANSION. - En un campo tan dinámico como la aviación, resulta neces

rio adquirir o llegar a poder adquirir en el futuro el -
suficiente terreno para que el aeropuerto pueda extenderse.
Históricamente, según fueron aumentando las dimensiones de las aeronaves y creciendo el volumen de tráfico, -
las pistas tuvieron más longitud, las instalaciones de -
las terminales crecieron y hubo que proporcionar un mayor número de instalaciones y servicios. Debe de disponerse de suficiente espacio real para poder acomodar las nuevas instalaciones y servicios.

IV.5.- PRESENCIA DE OTROS AEROPUERTOS EN EL AREA.-

Cuando se va a seleccionar la ubicación de un nuevo aeropuerto o cuando se va a ampliar el número de pistas de -
uno ya existente, debe de tenerse en cuenta la presencia de los restantes aeropuertos existentes ya en esa área.

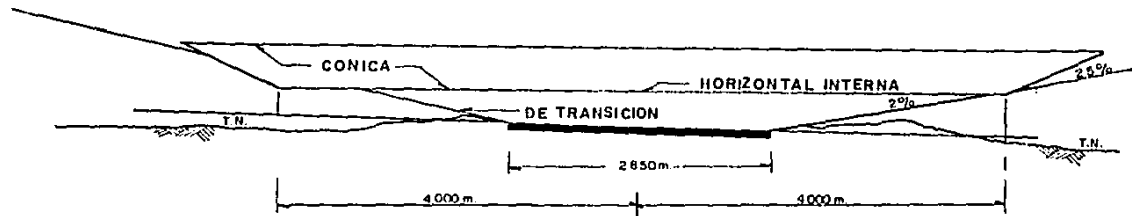
IV.6.- OBSTACULOS EN LAS INMEDIACIONES.- Los emplazamientos de aeropuertos deben de seleccionarse de tal manera que las aproximaciones necesarias en su desarrollo final, estén libres de obstáculos o puedan despejarse en el caso que existan. La disposición y protección de unas aproximaciones adecuadas al aeropuerto necesitarán restricciones de alturas en los alrededores del mismo y en línea con las pistas.

Deberán tomarse medidas en la fase de planeamiento para evitar la posibilidad de creación de futuras obstrucciones a los aviones que utilicen el aeropuerto.

IV.7.- ECONOMIA DE LA CONSTRUCCION.- No hace falta decir que si están disponibles los posibles emplazamientos y son igualmente adecuados, debe dársele mayor consideración a aquel en el que la construcción resulte -

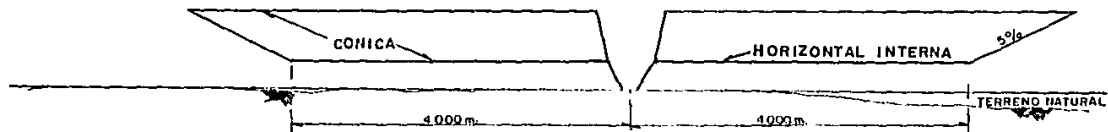
más económica. Los emplazamientos situados sobre terrenos sumergidos ofrecen muchas más dificultades para construir sobre ellos y al mismo tiempo la construcción es más costosa que si se trata de terrenos secos. Los terrenos ondulados necesitan mucha más nivelación que los terrenos planos.

IV.8.- DISPONIBILIDAD DE RECURSOS.- Un aeropuerto, particularmente si es de grandes proporciones, necesita de grandes cantidades de agua, gas natural o petróleo, energía eléctrica y combustible para los aviones y vehículos de superficie. Al seleccionar el emplazamiento de un aeropuerto, debe darse importancia a la posibilidad de obtención de estos recursos. La mayor parte de estos recursos llegan al aeropuerto mediante camión, ferrocarril, barco o tubería.



SECCION A-A'

SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS



SECCION B-B'

SUPERFICIES LIMITADORAS DE OBSTACULOS

CAPITULO V.- ORIENTACION DE LAS PISTAS.

CAPITULO V.- ORIENTACION DE LAS PISTAS

Las pistas deben estar orientadas de manera que - las aeronaves no tengan que pasar sobre zonas pobladas y eviten los obstáculos. Siempre que todos los demás factores no varfen, deberfan estar orientadas en la dirección del viento predominante, en el caso de que éste sople persistentemente en una dirección.

Por regla general, la pista principal de un aeropuerto deberfa estar orientada, en la mayor medida posible, en la dirección del viento predominante. Durante el aterrizaje y el despegue, las aeronaves pueden maniobraren una pista siempre que la componente del viento en ángulos rectos a la dirección del movimiento de la aeronave - (definida como viento transversal) no sea sino también de la configuración alar y también del estado de la superficie pavimentada. Las aeronaves de transporte pueden - maniobrar en vientos transversales de una velocidad máxima de 30 nudos, pero es bastante difícil hacerlo por lo - que en la planificación de aeropuertos, se utilizan valores inferiores.

Los registros metereológicos pueden obtenerse normalmente de las oficinas metereológicas estatales. Las - velocidades se dividen generalmente en incrementos de -- 22.5° (16 puntos de la brújula). Dichos registros contienen el porcentaje del tiempo en el que se producen determinadas combinaciones de techo de nubes y visibilidad, y el porcentaje del tiempo en que predominan vientos de determinada velocidad, procedentes de distintas direcciones. Las direcciones se indican en relación con el norte verdadero.

Frecuentemente, no se han registrado los datos relativos a los vientos predominantes en un emplazamiento totalmente nuevo. De ser así, deberfan consultarse los registros de las estaciones metereológicas cercanas. Si el terreno circundante es bastante llano, los registros de dichas estaciones deberfan indicar las caracterfsticas de los vientos predominantes en el emplazamiento del aeropuerto propuesto. No obstante, si el terreno es accidentado, la configuración de los vientos viene dictada por la topograffa y es peligroso utilizar los registros de las estaciones situadas a cierta distancia. En este caso, puede ser útil estudiar la topograffa de la región y consultar a los que la habitan desde hace tiempo.

Orientación de las pistas gráficamente:

El porcentaje de vientos que corresponde a una dirección y velocidad determinadas, se marca en el sector apropiado de la rosa de los vientos. Utilizando una franja de material transparente, en la que se hayan trazado tres líneas paralelas e igualmente espaciadas entre sí, puede determinarse la dirección óptima de las pistas. La línea central representa el eje de la pista y la distancia entre las dos líneas exteriores es, a escala, el doble de la componente transversal del viento permisible.

La franja transparente se coloca encima de la rosa de los vientos, de tal manera que la línea central de la franja pase por el centro de la misma. Utilizando una franja de material transparente, colocando el centro de la franja como eje de rotación, se hace girar la franja transparente hasta que la suma de los porcentajes comprendidos entre las líneas exteriores sea un máximo.

Cuando una de las líneas exteriores de la franja transparente divide un segmento de dirección del viento, la parte fraccionaria se calcula visualmente al 0.1% más próximo. Este procedimiento no va en menoscabo de la precisión de los datos.

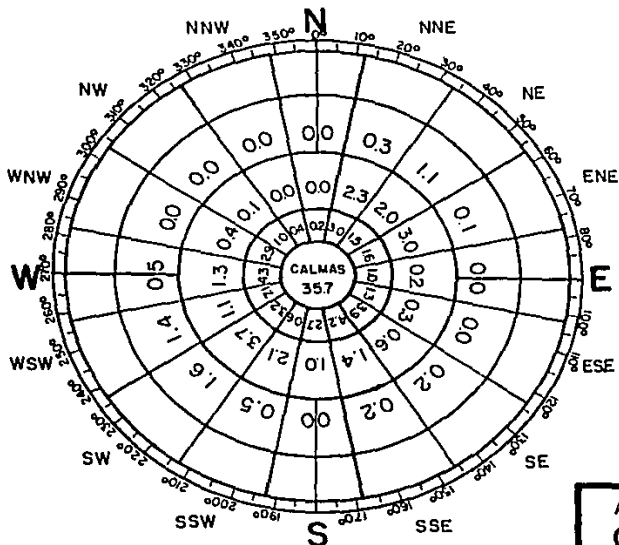
El paso siguiente consiste en leer la marcación de la pista en la escala exterior de la rosa de los vientos, en el punto en que la línea central de la franja transparente cruza la escala de direcciones. Debido al hecho de que en los datos publicados sobre el viento se utiliza el norte verdadero, normalmente esta marcación será distinta de la utilizada en la numeración de las pistas, que se basa en la marcación magnética.

TABLA DE PORCENTAJES DE VIENTOS PARA LA CONSTRUCCION DE -
LA ROSA DE VIENTOS CRUZADOS.

DIRECCION DEL VIENTO	PORCENTAJE DE VIENTO EN MPH			
	DE 3 A 15	DE 15 A 30	>QUE 30	TOTAL
N	0.2	0.0	0.0	0.2
NNE	3.0	2.3	0.3	5.6
NE	1.5	2.0	1.1	4.6
ENE	1.6	3.0	0.1	4.7
E	1.0	0.2	0.0	1.2
ESE	1.3	0.3	0.0	1.6
SE	3.9	0.6	0.2	4.7
SSE	4.2	1.4	0.2	5.8
S	2.7	1.0	0.0	3.7
SSW	0.6	2.1	0.5	3.2
SW	3.2	3.7	1.6	8.5
WSW	7.1	1.1	1.4	9.6
W	4.3	1.3	0.5	6.1
WNW	2.9	0.4	0.0	3.3
NW	1.0	0.1	0.0	1.1
NNW	0.4	0.0	0.0	0.4
	61.1	80.5	94.1	35.7
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0
CALMAS	D E 0 A 3 M. P. H.			35.7

TABLA DE PORCENTAJE DE VIENTOS CRUZADOS CUBIERTOS EN CADA UNA DE LAS DIRECCIONES DE PISTA

DIRECCION DE PISTA	18-19 00-18	01-19	02-20	03-21	04-22	05-23	06-24	07-25	08-26	09-27	10-28	11-29	12-30	13-31	14-32	15-33	16-34	17-35
% Calmas de 0 a 3 mph	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7	35.7
% vientos de 3 a 15 mph	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9
% vientos de 15 a 30 mph	10.5	10.6	11.4	13.5	15.9	15.7	14.4	13.4	11.7	9.9	7.7	6.2	4.9	3.6	4.1	5.2	6.6	8.4
% vientos > 30 mph	0.7	0.8	2.1	3.0	4.5	4.3	4.4	3.3	2.2	1.5	0.9	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4
% Total cubierto	85.8	86.0	86.1	91.1	95.0	94.6	93.4	91.3	88.5	86.0	83.2	81.2	79.9	78.5	79.1	80.2	81.5	83.4



AEROPUERTO DE:

CD. JUAREZ, CHIH.

ROSA DE VIENTOS CRUZADOS

CAPITULO VI.- ANALISIS DE CAPACIDAD

VI.1.- CALCULO DE CAPACIDAD Y CONFIGURACION DE PISTAS.

VI.2.- CALCULO DE CAPACIDAD EN PLATAFORMAS.

CAPITULO VI.- ANALISIS DE CAPACIDAD

La capacidad es el número máximo de operaciones de avión que un campo de vuelo puede aceptar durante un intervalo de tiempo específico cuando existe una demanda continuada de servicio.

La demanda continuada de servicio, significa que siempre existen aeronaves preparadas para despegar o aterrizar; cuando esto se presenta quiere decir que se está a la capacidad total o capacidad de saturación; esta capacidad total, no incluye la demora e indica la capacidad del aeropuerto para acomodar las operaciones durante los periodos de máxima actividad.

Existen muchos factores que influyen en la capacidad de un campo de vuelo (claro, unos más significativos que otros).

En términos generales, la capacidad depende de:

- A).- La configuración del campo de vuelo.
- B).- El medio ambiente en el que opera el avión.
- C).- De la disponibilidad de ayudas a la navegación del tráfico aéreo.

La capacidad de pistas se afecta por los siguientes factores:

- 1.- Configuración y número de pistas.
- 2.- Pistas paralelas y pistas que se cruzan.
- 3.- Condiciones del tiempo.
- 4.- Mezcla de categorías de aviones.
- 5.- Factor pico.

- 6.- Vuelos de entrenamiento.
- 7.- Localización de la zona terminal
- 8.- Ayudas para la navegación
- 9.- Calles de rodaje
- 10.- Uso de pistas
- 11.- Espacio aéreo

Con respecto a la capacidad en plataformas, ésta se define como la máxima cantidad de aeronaves que una determinada superficie de estacionamiento puede acomodar durante un intervalo de tiempo específico y cuando una continua demanda de servicio existe.

La capacidad en plataformas puede calcularse como el inverso de una media ponderada del tiempo de ocupación del estacionamiento de todos los aviones que han sido atendidos.

Existen algunos factores que afectan a la capacidad del estacionamiento tales como:

- 1).- Número y tipo de posiciones de estaciones
- 2).- Tiempos de ocupación del estacionamiento
- 3).- Tipos de aviones que piden el servicio

El tipo de posiciones de estacionamiento se refiere a su aptitud para acomodar aviones grandes, medios o pequeños.

El tipo de avión se refiere también primordialmente al tamaño; es por ello que sólo existen ciertos tipos de posiciones de estacionamiento que pueden acomodar a los aviones de gran tamaño.

El tiempo de ocupación del estacionamiento es el tiempo para la entrada y salida a una determinada posición, carga y descarga de pasajeros y equipaje, efectuar el servicio de cabina y recibir cualquier otro servicio de rutina y reparación mecánica.

El tiempo de ocupación del estacionamiento varía, dependiendo del tamaño del avión y de si se trata de un vuelo de origen, de ida o vuelta o de tránsito.

VI.1.- CALCULO DE CAPACIDAD Y CONFIGURACION DE PISTAS

Datos con fecha: mayo de 1980

O P E R A C I O N E S	
COMERCIALES	PRIVADAS
3 DC-9	14 AVIONETAS
DC-8	7 BIMOTORES CORTOS
B-747	2 JETS EJECUTIVOS
4 B-727	1 HELICOPTERO

TIPO DE AVION	PORCENTAJE
A	6
B	22
C	6
D+E	66

Para obtener la mezcla o combinación de aviones, -
se hace una comparación de los porcentajes anteriores, -
con los de la tabla siguiente:

Combinación	P O R C E N T A J E			
	A	B	C	D+E
1	0	0	10	90
2	0	30	30	40
3	20	40	20	20
4	60	20	20	0

Una vez comparando las 2 tablas anteriores, obtenemos las siguientes diferencias:

Combinación 1: $6+22+4+24=56$

Combinación 2: $6+8+24+26=64$

Aunque la combinación 1 da una diferencia menor que la de la combinación 2, por existir un porcentaje alto de aviones grandes, no puede ser la combinación 1; por lo tanto se toma la combinación 2.

Con la combinación 2 y con los resultados obtenidos con las proyecciones a futuro (1995) para las operaciones comerciales y privadas, que son 25,633 y 23,626 respectivamente y que nos da un total de 49,259 operaciones, por lo tanto se tiene como resultado una configuración "A" (PISTA UNICA).

CAPACIDAD PRACTICA ANUAL = 195,000 Operaciones

IFR = 52

VFR = 76

Los resultados anteriores, son de procedencia: Federal Aviation Administration (FAA).

VI.2.- CALCULO DE LA CAPACIDAD EN PLATAFORMA

Para determinar la capacidad de la plataforma se considera que no existen restricciones en el uso de las distintas posiciones del estacionamiento, es decir, todos los aviones pueden utilizar todas las posiciones; la capacidad "F" del estacionamiento puede expresarse de la siguiente manera:

$$F = G / \sum i M_i T_i$$

en la que G = Número total de posiciones disponibles

i = Un avión de la clase i (i=1,2,3,...,n)

n = El número de clases de aeronaves

T_i = Tiempo de ocupación de estacionamiento de un avión de clase i

M_i = Proporción de aviones de clase i en el conjunto de los que solicitan servicio - -
($\sum M_i = 1$).

$\sum M_i T_i$ es la media ponderada del tiempo de ocupación del conjunto de las distintas clases de aeronaves.

Para el cálculo de la capacidad en plataformas, se cuenta con 7 posiciones disponibles y los siguientes aviones tanto en operaciones comerciales como en privadas; siendo estos datos los correspondientes a 1980.

<u>Operaciones comerciales</u>	<u>Operaciones privadas</u>
3 DC-9	14 avionetas
1 DC-8	7 bimotores cortos
1 Boeing 747	2 jets ejecutivos
4 Boeing 727	1 helicóptero

Sin tomar en cuenta el helicóptero, se obtienen los porcentajes siguientes:

<u>Tipo de avión</u>	<u>%</u>
A	6
B	22
C	6
D + E	66

Siendo: Aviones tipo A el Boeing 747 y el DC-8
 Aviones tipo B los DC-9 y los Boeing 727
 Aviones tipo C los jets ejecutivos
 tipo D+E las avionetas y los bimotores -
 cortos

Por lo tanto en resumen se tiene:

<u>TIPO DE AVION</u>	<u>No.</u>	<u>%</u>	<u>TIEMPO DE OCUPACION DEL ESTACIONAMIENTO (MINUTOS)</u>
A	2	6	60
B	7	21	40
C	2	6	30
D+E	21	67	20

Los tiempos de ocupación del estacionamiento que se tienen en la tabla anterior, son considerando los tiempos mínimos.

- CALCULO DE LA CAPACIDAD DE 1980

$$F = 7/[0.06(1) + 0.21(0.667) + 0.06(0.5) + 0.67(0.333)]$$

$$F = 15 \text{ aviones/hora}$$

- CALCULO DE LA CAPACIDAD PARA 1995

De acuerdo con los pronósticos de tráfico aéreo, se espera para 1995 un total de 49,259 operaciones.

Suponiendo que la cantidad de aviones aumenta proporcionalmente con respecto al número de operaciones, se tiene que:

En operaciones comerciales:

Aviones tipo A	----- 2	----- 22%
Aviones tipo B	----- 7	----- 78%
	----- 9	----- En 1980

1980 ----- 20,620 Oper.

1995 ----- 25,633 Oper.

Realizando una regla de tres simple:

$$\begin{array}{l} 9 - 20,620 \\ x - 25,633 \end{array} \quad X=11 \text{ de las cuales tendremos:}$$

$$\text{Aviones tipo A} = 0.22(11) = 2$$

$$\text{Aviones tipo B} = 0.78(11) = 9$$

11 ----- En 1995

En operaciones privadas:

Aviones tipo C	-----	2	-----	9%
Aviones tipo D+E	-----	<u>21</u>	-----	91%
		23	-----	En 1980

1980 ----- 14,486 Oper.

1995 ----- 23,626 Oper.

Realizando una regla de tres simple:

23 - 14,486 X=38 de las cuales tendremos:
 X - 23,626

Aviones tipo C ----- 0.09(38) = 3

Aviones tipo D+E ----- 0.91(38) = 35

38 ----- En 1995

Con respecto al número total de posiciones disponibles para 1995, serfan:

7 - 35,106 X=10 posiciones disponibles.
 X - 49,259

Por lo tanto, se tiene, tanto para operaciones comerciales como privadas lo siguiente (para 1995):

TIPO DE AVION	No.	%	TIEMPO DE OCUPACION DEL ESTACIONAMIENTO
A	2	4	60 minutos
B	9	18	40 minutos
C	3	6	30 minutos
D+E	35	72	20 minutos

$$F = 10 / [0.04(1) + 0.18(0.67) + 0.06(0.5) + 0.72(0.33)]$$

$$F = 23 \text{ Aviones/hora.}$$

CAPITULO VII.- DISEÑO GEOMETRICO

**VII.1.- CALCULO DE LONG. DE
PISTAS**

VII.2.- PROYECTO GEOMETRICO

VII.3.- DRENAJE Y SUBDRENAJE

CAPITULO VII.- DISEÑO GEOMETRICO

VII.1.- CALCULO DE LA LONGITUD DE PISTAS

Con el objeto de determinar las normas relativas a los diversos tamaños de aeropuertos y a las funciones a que se destinan, se han ideado claves de referencia. La finalidad de las claves de referencia es proporcionar un método simple que permita interrelacionar las numerosas especificaciones relativas a las características de proyecto, de modo que sea posible lograr una serie de instalaciones aeroportuarias idóneas para los aviones que han de utilizar la pista.

La base de esas claves es la longitud básica de la pista indicada en la tabla siguiente:

LETRA CLAVE	LONG. BÁSICA DE LA PISTA
A	2,100 m. y más
B	1,500 m. hasta 2,100 m. exclusive
C	900 m. hasta 1,500 m. exclusive
D	750 m. hasta 900 m. exclusive
E	600 m. hasta 750 m. exclusive

Procedencia: Organización de Aviación Civil Internacional (OACI)

Las pistas se identifican normalmente mediante los siguientes elementos principales:

- 1.- Pavimento estructural que soporta el peso del avión.
- 2.- Los márgenes al pavimento estructural.
- 3.- La franja de pista, que incluye el pavimento estructu

- ral, los márgenes, y un área que se ha despejado, drenado y nivelado.
- 4.- El sector contra chorros, que es un área destinada a evitar la erosión de las superficies adyacentes a los extremos de las pistas que están sujetas al prolongado o repetido chorro de los reactores. Esta área está cubierta de césped o pavimentada.
 - 5.- El área de seguridad del extremo de pista es un área destinada a reducir los accidentes de las aeronaves - que hacen aterrizajes demasiado cortos o que rebasan la pista.
 - 6.- Una zona de parada es una longitud adicional de pavimento, que se prolonga rebasando el extremo de la pista.
 - 7.- Una zona libre de obstáculos, que es una zona no pavimentada situada más allá del extremo de la pista, controlada y mantenida por el explotador del aeropuerto.

El cálculo de la longitud de pista se efectúa a partir de la longitud básica de pista para cada aeropuerto, según su letra clave siendo:

La longitud básica.- La longitud necesaria a nivel del mar, horizontal en condiciones atmosféricas tipo y viento en calma para que operen los aviones a que se han destinado.

La atmósfera tipo o estándar debe cumplir con las siguientes constantes:

- a).- Temperatura al nivel del mar 15°C ó 59°F .
- b).- Densidad atmosférica 1.225 gr./m^3 .
- c).- Gradiente térmico $-0.0065^{\circ}\text{C/m}$.

Las correcciones a la longitud básica de pista -- son, según la OACI en su anexo 14:

- 1).- Corrección por elevación.- Se aumenta la longitud básica en 7% por cada 300 m. sobre el nivel del mar.
- 2).- Corrección por temperatura.- Se incrementa la longitud anterior en 1% por cada grado centígrado que la temperatura de referencia del lugar exceda de la temperatura de la atmósfera tipo, correspondiente a esa elevación.

Obteniéndose la temperatura de referencia (T_R) con la siguiente fórmula:

$$T_R = T_1 + (T_2 - T_1)/3$$

Siendo:

T_1 = Temperatura media mensual de las temp. media diaria del mes más caluroso del año.

T_2 = Temperatura media mensual de las temp. máxima del mes más caluroso del año.

- Las correcciones anteriores no deben exceder al 35%; -- si éstas exceden se tomará el 35%.

- 3).- Corrección por pendiente.- La longitud corregida anteriormente se aumenta en 10% por cada 1% de pendiente efectiva.

$$\text{Pend. efectiva} = h/L$$

Siendo: h=diferencia de elevaciones entre cabeceras.

L=Long. de pista corregida por temp. y elev.

Para el cálculo de la longitud de pista, se cuenta con los siguientes datos:

- Temperatura media mensual diaria del mes más caluroso - del año (T_1) = 20°C
- Temperatura media mensual de las temperaturas máximas - del mes más caluroso del año (T_2) = 30°C
- Elevación del centro de la pista = 1,240 m
- Aeropuerto con clave "A"
- Longitud básica de pista = 2,100 m

Una vez teniendo los datos anteriores, se procede a hacer las debidas correcciones a la longitud básica de pista, para obtener la longitud de pista necesaria.

PRIMERA CORRECCION (CORRECCION POR ELEVACION):

$$C.E. = (1,240 \text{ m}/300)(7\%) = 29\%$$

SEGUNDA CORRECCION (CORRECCION POR TEMPERATURA):

$$T_R = 20 + (30-20)/3 = 23.33^\circ\text{C}$$

Temperatura atmosférica a esa elevación:

$$T_A = 15^\circ\text{C} - (0.0065^\circ\text{C}/\text{m})(1,240\text{m}) = 6.94^\circ\text{C}$$

$$C_T = T_R - T_A = 23.33^\circ\text{C} - 6.94^\circ\text{C} = 16.39^\circ\text{C}$$

Por lo tanto se corrige un 16.39%, puesto que se incrementa 1% por cada 1°C.

$$C.E. + C.T. = 29\% + 16.39\% = 55.39\%$$

Como 55.39% es mayor que 35%, se toma la correc-

ción tope que es 35%; o sea: la longitud de pista por las dos correcciones anteriores es:

$$2,100(1.35) = 2,835 \text{ m}$$

TERCERA CORRECCION (CORRECCION POR PENDIENTE):

$$\text{Pend. efectiva} = 1.4\text{m}/2,835\text{m} = 0.05\%$$

$$\text{Por lo tanto: } 10\%(0.05) = 0.005 = 0.5\%$$

$$\text{C.P.} = 2,835\text{m}(1.005) = 2,850 \text{ m.}$$

LONGITUD DE PISTA NECESARIA = 2,850 m.

VII.2.- PROYECTO GEOMETRICO

El procedimiento para el proyecto geométrico es si milar al utilizado en carreteras. Las normas y especificaciones son realizadas por la OACI y la FAA. La clasifi cación de aeropuertos según la OACI se basa en la longi- tud de pista, designándole desde A hasta E.

La administración federal de aviación proporciona las categorías de aeropuertos en cuanto al tipo de avión.

Los elementos para el trazado geométrico para aero puertos dedicados al transporte comercial se basan princi palmente en las dimensiones físicas de los aviones.

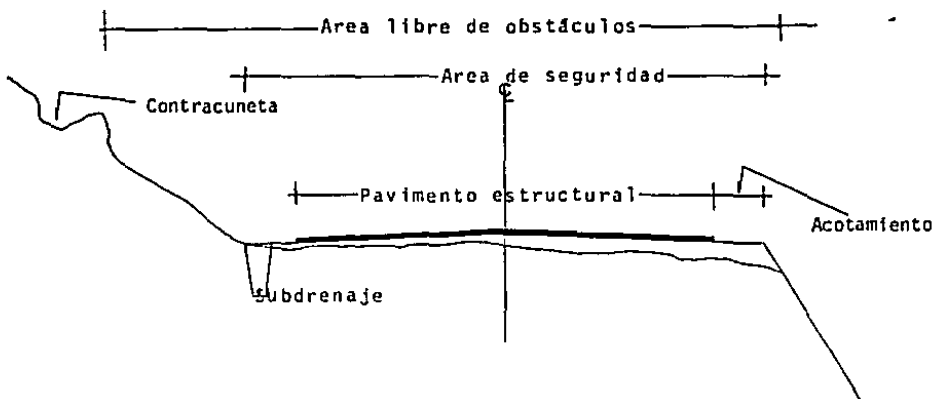
Para el cálculo de la longitud de pista según la - OACI se efectúan las correcciones a la longitud básica.

CALLES DE RODAJE.- Son elementos de un aeropuerto_ que permite la circulación interna de aviones.

Los elementos que integran a la calle de rodaje - son:

- 1.- Pavimento estructural
- 2.- Acotamientos
- 3.- Area de seguridad
- 4.- Area libre de obstáculos
- 5.- Partes integrales (Iluminación, marcas sobre el pavi-
mento, señalamiento, drenaje y subdrenaje).

- En el esquema siguiente (corte transversal) se puede --
ver claramente, los elementos que integran a la calle -
de rodaje:



Las reglas básicas para el diseño de calles de rodaje son:

- 1.- Evitar cruzar las pistas.
- 2.- Que sean lo más directas posible.
- 3.- Considerar rodajes tipo glorieta y accesos múltiples a las cabeceras de pista.
- 4.- Permitir buena visibilidad desde la torre de control a cualquier punto de la calle de rodaje.
- 5.- Considerar básicamente una calle de rodaje paralela a cada pista.
- 6.- Prever la cantidad suficiente de accesos para reducir el tiempo de ocupación de pistas.
- 7.- Proyectar curvas con sobre ancho.

Las calles de rodaje se clasifican:

- a).- De entrada.- Que pueden ser: rodajes sencillos, para los dobles, retornos, tipo glorieta y rodajes en L

para cabeceras.

- b).- De salida.- Que pueden ser a 90° para 0 mph ; 45° para vel. = 30 mph. y 30° para vel. = 60 mph.
- c).- Rodajes en plataforma

Especificaciones de dimensiones mínimas en rodajes, realizadas por la FAA:

C O N C E P T O	D I M E N S I O N E S			
	I	II	III	IV
Ancho de pavimento en tangente	50	75	100	125
Ancho de pavimento en curva	65	90	115	140
Ancho del acotamiento	20	25	35	40
Ancho del área de seguridad	111	150	220	310
Ancho del área libre de obstáculos	210	270	360	470
Reparación entre ejes de rodajes	200	300	300	400
Sep. entre ejes de rodaje y pista	400	500	600	1000
Radio en curvas de rodaje al eje	100	150	150	200

Las dimensiones de la tabla anterior están en pies.

Grupo I : Avión B-727-100

Avión B-737

Avión DC-9, bimotores y menores.

Grupo II: Avión B-727-200

" DC-8

" B-707

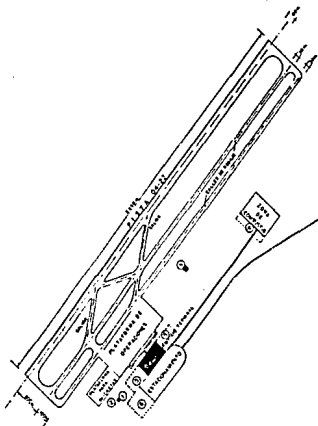
Grupo III: Avión B-747

" L 10-11

DC-10, Concord

Grupo IV : Para modelos especiales.

Para el diseño de las calles de rodaje, se utiliza ron las especificaciones que marcan para el grupo III, - porque el avión más grande que se tiene es un Boeing 747 (avión de diseño).



- ① Torre de control
- ② Edificios (Edificios administrativos, salas de juntas, etc.)
- ③ Estaciones de bomberos y rescate.
- ④ Área de estacionamiento para aviones (área de mantenimiento)
- ⑤ Área de estacionamiento para pasajeros del avión
- ⑥ Área de estacionamiento para pasajeros del aeropuerto.



ESCALA 1:10,000

PROYECTO SECRETARÍA DE AEROPUERTO DE:
CD. JUAREZ, CHIH.
 A
 ABUNDIO HERNANDEZ S.
 TESIS DISEÑO DE

VII.3.- DRENAJE Y SUBDRENAJE

Se ha insistido sobre la importancia de las técnicas destinadas a recoger, canalizar y eliminar las aguas susceptibles de perjudicar de cualquier modo a una carretera o una pista de un aeropuerto. Las aguas amenazan a estas estructuras de muy diversas maneras; procedentes de las lluvias, se infiltran o discurren por la superficie del terreno. Las aguas que influyen superficialmente provocan erosiones en cortes y terraplenes y tienden a correr hacia las cañadas y bajos topográficos; allí se almacenan a causa del obstáculo que presenta el bordo de tierra, a no ser que sean oportunamente eliminadas por una alcantarilla construida a través de la estructura; al almacenarse, se infiltran a través del bordo produciendo en él saturación que abate su resistencia al esfuerzo cortante y propicia asentamientos, fuerzas de infiltración que amenazan su estabilidad y peligro de tubificación.

Los problemas de drenaje superficial o subterráneo (subdrenaje) son de la mayor importancia en la construcción de carreteras y aeropistas y se reflejan quizás más que cualquier otro en la duración y buen funcionamiento de estas estructuras, así como en los costos de su conservación.

Una aeropista mal drenada está, independientemente del cuidado puesto en las demás etapas de su diseño y -- construcción, inexorablemente condenada a una rápida destrucción si han de estar bajo la acción de las aguas, aun que ésta no sea particularmente intensa y ello sin que importen consideraciones adicionales, tales como intensidad del tránsito y otras que, en cambio, pallian a veces las consecuencias de deficiencias en otros aspectos de la -

construcción.

DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje superficial es el destinado a captar y eliminar las aguas que corren sobre el terreno natural o sobre la estructura principalmente; estas aguas proceden directamente de las lluvias aunque a veces tienen su origen en inundaciones de corrientes fluviales o en manantiales.

En el área de un aeropuerto, uno de los factores principales para obtener un buen drenaje de las aguas superficiales es el relativo a las pendientes que se dé a las secciones transversales de las pistas y calles de rodaje y a los taludes de los cortes y terraplenes de estas estructuras. Estas pendientes dependerán del tipo de suelo predominante y deberán estar diseñadas para alejar de las zonas de pistas al agua superficial y canalizar dichas aguas hacia las zonas de captación. Para este diseño es esencial un conocimiento de los diferentes suelos que forman la estratigrafía del lugar, así como del tipo de materiales disponibles de bancos de préstamo. Si el sitio en que se localizará el aeropuerto está compuesto de suelos de alta permeabilidad, el factor a cuidar es el de la erosión del suelo por los escurrimientos del agua, por lo que las pendientes deberán ser cuidadosamente controladas en tal forma de impedir concentraciones del agua y velocidades fuertes de la misma. Esto es especialmente crítico cuando los suelos están constituidos por arenas finas y limos no plásticos. Por lo demás, en estos tipos de suelo, por ser auto-drenantes, no se requiere, por lo general, un sistema extenso de drenaje superficial o de sub-drenaje.

Si el sitio para el aeropuerto está constituido, - por el contrario, por suelo impermeable, las filtraciones del agua pluvial serán despreciables, requiriéndose en es te caso todo un sistema de drenaje superficial que drene_ satisfactoriamente la cantidad de agua que se haya estima_ do sea la máxima del lugar.

El sistema de drenaje superficial consta por lo ge neral de resumideros con rejillas, localizadas en las par_ tes bajas del área del aeropuerto, conectados por tube_ rfa a zonas de desagüe. Este diseño está íntimamente re_ lacionado con las pendientes y magnitud del área tributa_ ria a cada sumidero. Las pendientes, en estos casos, pue_ den ser más fuertes que cuando existen suelos granulares_ finos, excepto en el caso de que los suelos impermeables_ también sean susceptibles a ser erosionados.

En el caso de un suelo estratificado, el problema_ del drenaje ya no es tan simple y requiere un conocimien_ to más detallado de la estratigrafía del lugar y de las - condiciones hidráulicas predominantes. Si un suelo imper_ meable subyace a una capa de suelo permeable de poco es_ pesor, se requerirá un drenaje superficial además de un - sistema de sub-drenaje que desaloje el agua que escurre - sobre el manto impermeable. Los sistemas de sub-drenaje_ se discutirán más adelante. Los casos más complejos ocu_ rren cuando la estratigrafía es uniforme y se encuentran_ estratos impermeables alternados con estratos permeables_ con agua fluyendo a su través. En estos casos el factor_ a cuidar es el de los pequeños almacenamientos de agua - que pueden presentarse en zonas aisladas, los cuales debe_ rán drenarse por algún procedimiento de sub-drenaje.

SUBDRENAJE EN AEROPISTAS

El subdrenaje en aeropistas consiste en general - en la construcción de drenes interceptores para captar el flujo subterráneo, para drenar capas saturadas y para controlar el contenido de agua de la sub-base y base del pavimento, así como en las terracerías y aún en la parte - superior del terreno de cimentación.

El agua por drenar proviene de filtraciones directas del agua de lluvia, de flujos a través de la masa de suelo, de flujo ascendente por capilaridad y, en menor - grado, de condensación de la humedad ambiente.

La experiencia recomienda diseñar el sistema de - subdrenaje en forma independiente del sistema general de drenaje superficial. Siempre que se vaya a construir una aeropista deberá hacerse una exploración para determinar_ la presencia, origen y causa de las aguas subterráneas; - una de las manifestaciones más frecuentes de tal problema es un nivel freático alto en toda el área de la estructura por construir o en parte de ella.

Como ilustración del criterio a emplear en el diseño del subdrenaje en aeropistas, se analizarán a continuación cinco casos típicos de perfiles de suelos frecuentes en algunos de los cuales la presencia de agua subterránea suele hacer necesaria la adopción de medidas drenantes.

1.- SUELO UNIFORMEMENTE PERMEABLE

En este caso probablemente no se requiere ninguna_ instalación especial de subdrenaje ya que estos suelos -

son autodrenantes. El problema con estos suelos es más bien el de su alta erosionalidad bajo el escurrimiento de agua superficial, lo cual deberá cuidarse con pendientes adecuadamente reducidas y con recubrimiento de cunetas y canalizaciones con suelo-cemento o aún con concreto hidráulico.

2.- SUELO UNIFORME IMPERMEABLE

Tampoco estos suelos suelen requerir subdrenaje, pues por su impermeabilidad no suelen contener flujos subterráneos de importancia. Se exceptúan aquellos casos en que sea necesario abatir las presiones hidrostáticas bajo pavimentos. Lo que sí requiere es un buen sistema de drenaje superficial.

3.- ESTRATO DE SUELO PERMEABLE SUPRAYACENTE A OTRO IMPERMEABLE

En este caso, las aguas que se infiltran a través del estrato superior quedan detenidas en la frontera con el estrato impermeable y fluyen sobre ésta, siguiendo su pendiente natural. Ahora serán necesarios subdrenes de zanjas que lleguen hasta dicha frontera, a no ser que ésta sea muy profunda en cuyo caso las zanjas podrán profundizarse únicamente hasta lo necesario para que el flujo que se filtre más abajo ya no sea perjudicial.

4.- ESTRATO IMPERMEABLE SOBRE UN ESTRATO PERMEABLE

Este caso puede asimilarse al 2 y generalmente no requiere subdrenaje.

5.- ESTRATOS ERRATICAMENTE DISPUESTOS CON ALTERNANCIA DE CAPAS PERMEABLES E IMPERMEABLES

Este caso generalmente requiere subdrenaje si bien no es posible dar reglas generales sobre el mismo, que dependerá de cada disposición particular. En este caso es frecuente que un drenaje superficial muy complejo ahorre erogaciones de mucha cuantía en las obras requeridas de subdrenaje.

Un tipo de subdrenaje que ha rendido excelentes resultados protegiendo las bases y sub-bases de las aeropistas de las aguas que fluyen por el subsuelo es el de subdrenes interceptores. Son recomendables cuando exista un estrato acuífero a relativamente poca profundidad que se prolongue bajo las áreas cubiertas por las pistas. El subdrén es una zanja que se construye transversalmente a la dirección del flujo, a veces relativamente lejos de las pistas propiamente dichas y que impide que el agua penetre a las zonas por proteger; la zanja se rellena de material filtrante y en su parte inferior lleva un tubo perforado.

Cuando un subdrén de zanja se coloca paralelamente a la pista siguiendo prácticamente la orilla de la carpeta, recibe el nombre de subdrén longitudinal. Su misión es captar y dar fácil salida a las aguas que se infiltran al pavimento a través de la superficie de rodamiento y los acotamientos o la que llegaría a las capas de base y sub-base desde el terreno inmediatamente vecino. También desaloja el agua proveniente de una elevación del nivel freático en época de lluvias.

La construcción de los drenes longitudinales debe-

rá de hacerse de modo que conecten directamente con las - capas de base y de sub-base. El tubo perforado que se co - loca en el fondo de la zanja y sobre una plantilla compac - tada (a veces de concreto pobre) suele tener un diámetro - comprendido entre 10 y 20 cm; las perforaciones deberán - colocarse en la mitad inferior y entre los ángulos de - 22.5° y 45° con respecto a la horizontal.

Las perforaciones en la parte superior proporcio - nan la fuga del material fino que forma parte del filtro, perjudicando a éste; perforaciones en la parte más baja - del tubo permitirían la salida del agua ya captada, con - perjuicio del suelo alrededor de la zanja.

El material filtrante que rellena la zanja deberá - cumplir dos condiciones: ser de una permeabilidad mayor - que la del suelo circundante para facilitar el flujo del agua hacia el tubo perforado y ser de una granulometría - tal que impida que partículas del suelo circundante sean transportadas por el agua hacia los vacíos y huecos del - material filtrante impermeabilizándolo.

CAPITULO VIII.- DISEÑO DE PAVIMENTOS

**VIII.1.- DIFERENCIAS OPERACIONALES
ENTRE LOS PAVIMENTOS DE AE-
ROPUERTOS Y LOS DE CARRETE-
RAS.**

VIII.2.- ESTUDIOS GEOTECNICOS

VIII.3.- PAVIMENTOS FLEXIBLES

VIII.4.- PAVIMENTOS RIGIDOS

VIII.1.- DIFERENCIAS OPERACIONALES ENTRE LOS PAVIMENTOS - DE AEROPUERTOS Y LOS DE CARRETERAS

Es aún frecuente la idea entre los ingenieros, que los pavimentos de un aeropuerto no son más que el equivalente al de una carretera pero más ancho, más corto, de mayor espesor y que en lugar de automóviles o camiones transitan aviones. Desde luego, la finalidad principal de los pavimentos de aeropuertos, como la de los de las carreteras, es la de distribuir adecuadamente las cargas concentradas, de tal manera que la capacidad de soporte de las capas de apoyo no se exceda, así como la de permitir un tránsito adecuado de los vehículos; sin embargo existen diferencias sustanciales entre ambos pavimentos, derivadas de su operación.

A continuación, se presentan las principales diferencias entre los pavimentos de aeropuertos y los de carreteras.

1.- CANALIZACION DEL TRANSITO DE VEHICULOS.- En las carreteras de dos carriles, debido a la localización de las ruedas de los vehículos, la mitad de éstas van cercanas a la orilla del pavimento; en las carreteras de cuatro carriles, debido a las legislaciones de velocidad, el tránsito pesado se canaliza hacia la derecha de la carretera, para cada sentido. Esta situación plantea una canalización del tránsito en el sentido transversal, de manera que las cargas más grandes se aplican próximas a la orilla del pavimento y en el caso de que se diseñara un pavimento diferencial, el mayor espesor debería quedar ubicado en las orillas de la carretera.

En el caso de aeropuertos la situación es diferen-

te, ya que por las características de operación de las - pistas y calles de rodaje, éstas son marcadas con pintura, y en algunas ocasiones con sistemas luminosos, a lo largo del eje de la vfa. Esta condición obliga en los - aeropuertos, a que la canalización del tránsito se realice en el centro de la pista y de la calle de rodaje, lo - cual provoca que si se diseñan pavimentos diferenciales , el mayor espesor se encuentra en la franja central.

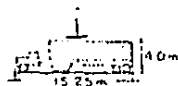
2.- INTENSIDAD DE LAS CARGAS.- Los camiones más - pesados que transitan en una carretera son del orden de - 30 a 50 toneladas. Son vehículos del tipo semi-trailer, - los cuales, incluyendo las ruedas del tractor, llegan a - tener hasta 18 llantas. (Fig. 1)

En aeropuertos, un avión con el mismo peso como - por ejemplo el Boeing 727, el B-737 o el Douglas DC-9, - tienen únicamente 4 llantas principales y dos auxiliares.

De lo anterior se deduce que la intensidad de carga por rueda es muy superior en aeropuertos que en carreteras, máxime si consideramos aviones tan pesados como el B-747, cuyo peso máximo es de 374 toneladas y únicamente - tiene 16 ruedas principales y dos auxiliares. (Fig. 1)

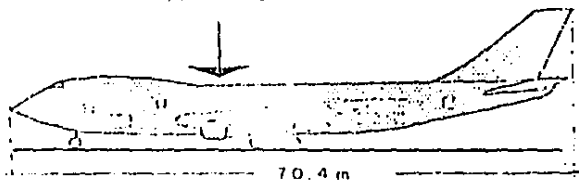
3.- PRESION DE LAS LLANTAS.- Este concepto puede - ser considerado como una consecuencia del anterior; así - se tiene que mientras en carreteras la presión de inflado de las llantas varía de 1.69 kg/cm^2 (24 lb/pulg^2) a 5.62 kg/cm^2 (80 lb/pulg^2) en números redondos, en aeropuertos - estas presiones son del orden de 14.06 kg/cm^2 (200 lb/pulg^2) llegando en algunos aviones militares a presiones - de 28.12 kg/cm^2 (400 lb/pulg^2).

Peso total: 34 ton.



B - 7 4 7

Peso total - 374 ton



Número de llantas Carga por rueda (máx.)

16 principales ----- 1 800 kg

2 direccionales ----- 2 900 kg

Número de llantas Carga por rueda (máx.)

16 principales ----- 21,500 kg

2 auxiliares ----- 15,000 kg.

INTENSIDAD DE LAS CARGAS

Fig. 1

4.- FRECUENCIA DEL TRANSITO.- En carreteras, la separación entre un vehículo y otro subsecuente dependerá de la propia geometría de la carretera y de la velocidad de circulación. Así, a velocidades medianas (60 kph) puede pasar un vehículo cada 1.5 segundos en promedio, lo que da un volumen de tráfico por carril de más de 2,000 vehículos por hora en condiciones de máxima capacidad -- (Fig. 2).

En aeropuertos, por razones de control de tránsito aéreo bajo condiciones visuales, la separación entre dos aviones sucesivos que se aproximan al aeropuerto no puede ser inferior a la distancia que hay entre el umbral de aproximación de la pista y el punto donde el avión precedente la desocupa (Fig. 2), es decir, dependerá del número de calles de rodaje de salida que la pista tenga, de la velocidad de salida y de las condiciones meteorológicas de operación. Bajo condiciones de instrumentos, la separación mínima se puede incrementar hasta 9,260 m entre un avión y otro. Esta situación se presentará solamente bajo condiciones de tránsito intenso y en la mayoría de los aeropuertos del mundo la separación es aún mayor, es decir, que entre un avión y otro, pueden pasar varios minutos y hasta horas.

Además de lo anterior, existe la circunstancia de que es muy poco probable que un determinado punto del pavimento de una pista tenga que soportar una repetición de carga cada vez que ocurra una operación.

La localización del punto de toma de contacto de un avión es variable, ya que depende de factores tales como el tipo de avión, la técnica del piloto, la temperatu-

ra y elevación del aeropuerto, los mínimos meteorológicos y la velocidad y dirección del viento.

5.- PAVIMENTOS DIFERENCIALES EN SENTIDO LONGITUDINAL.- A lo largo de las carreteras el pavimento está sujeto a efectos constantes de cada carga, ya que independientemente de la velocidad y efectos de impacto, el peso del vehículo no cambia y solamente, para un vehículo en particular, se presentaría una reducción en el peso a lo largo de su trayecto, por el consumo de combustible, cuyo peso es despreciable comparado con el del propio vehículo.

En aeropuertos, la operación de los vehículos se debe considerar bajo otras bases, ya que al analizar un despegue, a medida que aumenta la velocidad, se empieza a generar sustentación en las alas, las cuales comienzan a liberar el peso del avión sobre el tren de aterrizaje y consecuentemente sobre el pavimento.

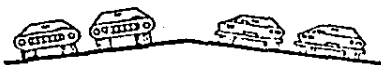
Por lo anterior se puede deducir que en aquellas pistas de aeropuertos que no serán utilizadas como rodajes, es posible en el tramo central (en sentido longitudinal) reducir el espesor de pavimento, ya que las cargas actuantes son menores que al inicio de la carrera de despegue (Fig. 3).

6.- CONDICIONES DE RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO.- En trayectos muy largos y a velocidades uniformes los vehículos carreteros pueden entrar en resonancia si se tienen alteraciones de la rugosidad en forma uniforme, como por ejemplo las juntas transversales en los pavimentos de concreto hidráulico. Esta resonancia que puede ser notoria o no, la percibe el organismo del -

CARRETERAS



Capacidad máxima por carril:
2,000 automóviles/hora.
(a 50-60 km./hr.)



Capacidad máxima.-
Carril de adentro: 2,200 automóviles/hora.
Carril de afuera: 1,700 automóviles/hora.
(a 60 km./hr.)

AEROPISTAS

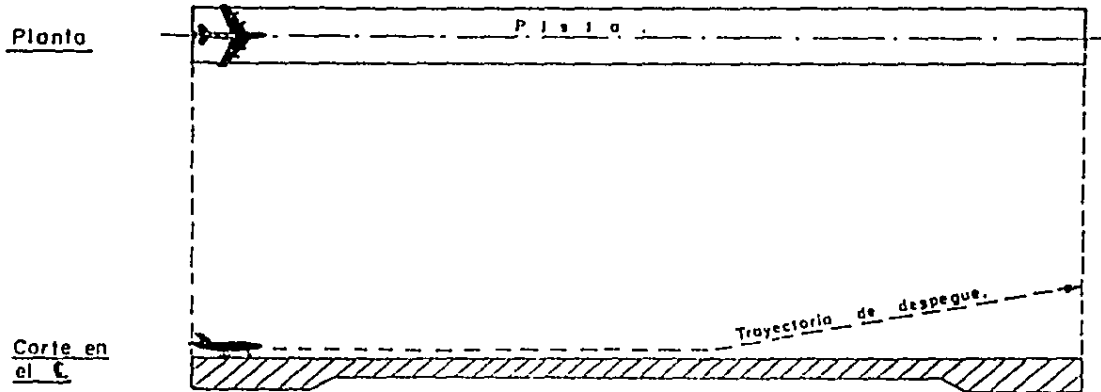


Capacidad práctica horaria.-
operación visual (VFR): 45 a 99 op./hr.
operación por instrumentos (IFR): 42 a 53 op./hr.

NOTA: El valor mayor es para
pistas que solo reciben
aviones bimotores y
monomotores.
El valor menor es para
pistas que reciben una
mezcla de aviones en
que el 60% son
cuatrirreactores o aviones
mayores.

Frecuencia del tránsito.

Fig 2.



Pavimento Diferencial en Sentido Longitudinal de Pistas.

(Croquis)

Fig. 3

conductor y el cerebro, dentro de una caja de resonancia_ que es el cráneo, puede llegar a perder sensibilidad para efectos de reflejos. En estudios sobre el tema se ha encontrado que en algunos accidentes en carreteras este fenómeno puede ser importante; en consecuencia, las condiciones de rugosidad de la superficie de rodamiento para una carretera son aspectos que deben tomarse en cuenta en forma severa, sobre todo en pavimentos rígidos.

En aeropuertos la situación es totalmente diferente ya que las condiciones de rugosidad pueden determinar_ dos características no deseables para la operación de los aviones sobre la superficie de rodamiento de una pista y que, dependiendo de la velocidad, en términos generales son:

La primera, que se puede referir propiamente al perfil longitudinal del pavimento y que consiste en las ondas de gran longitud relativa, que provoca oscilaciones alrededor del eje transversal del avión; la segunda, que consiste en las ondas de corta longitud relativa (inferior a los 30 m) y que provoca vibraciones.

Estas dos características pueden provocar sobreesfuerzos en la estructura del avión, alteraciones en las lecturas de los instrumentos e incomodidad para los pasajeros; por su parte el pavimento tendrá que soportar mayores esfuerzos.

7.- TEXTURA DE LA SUPERFICIE DEL PAVIMENTO QUE AFECTA EL FRENADO DE LOS VEHICULOS.- Tanto en carreteras como en aeropuertos es muy importante que la textura del pavimento provea un adecuado coeficiente de rozamiento para reducir accidentes. En ambos casos el coeficiente -

de rozamiento puede ser afectado por la temperatura (principalmente en los pavimentos flexibles), por lluvia, nieve, derrame de combustibles, aceites u otras impurezas, - por afloramiento de asfalto (en el caso de pavimentos flexibles) y por desgaste de la propia superficie del pavimento (en aeropuertos el desgaste es mucho menor).

Una diferencia entre las carreteras y los aeropuertos es la circunstancia de que en las zonas de toque de las pistas, las llantas de los aviones dejan impregnado un poco de su caucho en la superficie del pavimento, lo que, a través de un buen número de aterrizajes, hace que aparezca una película de caucho cubriendo dicha superficie.

El caucho impregnado en grandes cantidades, en las pistas de mucho tráfico, impide el drenaje de la lluvia - proporcionando de esta manera las condiciones para que se produzca el peligroso fenómeno de "hidroplaneo", lo que incrementa grandemente las distancias en que pueden detenerse las aeronaves al efectuar el aterrizaje.

8.- CONDICIONES DE OPERACION. - En cualquier carretera o camino es relativamente fácil modificar la circulación de vehículos, alterando la velocidad de los mismos - para efectuar reparaciones, atender accidente o efectuar trabajos de mantenimiento rutinario.

En los aeropuertos no es posible considerar esta - posibilidad, ya que la velocidad de desplazamiento de los aviones dependerá de su peso y de las necesidades que se tengan de generación de sustentación o enfrentamiento; por lo que no es simple realizar trabajos sobre un pavimento de un aeropuerto que ya está en operación.

VIII.2.- ESTUDIOS GEOTECNICOS

Comprende todo el conjunto de estudios de campo y laboratorio, recorridos e inspecciones, análisis y cálculos que conducen al conjunto de recomendaciones y conclusiones necesarias para establecer las normas geotécnicas, a que han de ceñirse los proyectos y los procedimientos de construcción del aeropuerto.

La información geotécnica deberá presentarse en forma sencilla, clara y sistematizada, traduciendo las características de las formaciones existentes en el campo y todos los datos pertinentes, a valores y recomendaciones escuetas.

En la ejecución de un estudio geotécnico pueden distinguirse dos etapas: la primera comprende reconocimientos, exploración, levantamiento de datos y las pruebas de laboratorio. En la segunda etapa se recopila la información disponible, se analiza, se producen recomendaciones detalladas y concretas y se redacta el informe correspondiente.

VIII.3.- PAVIMENTOS FLEXIBLES

- Método de la FAA.

Con una subrasante con características: LL=25%, - LP=NP, con un % que pasa la malla núm. 200 de 40%, suelo areno-limoso (SM), drenaje pobre y los siguientes datos - de tráfico aéreo:

TIPO DE AVION	OPERACIONES POR AÑO
DC - 8 - 63	2,345
Boeing 747-200B	2,845
DC - 9 - 51	8,536
Boeing 727-200A	11,407
Bimotoreos cortos	23,626
	49,259

El tráfico ligero de avionetas y jets ejecutivos - se tomaron en cuenta en el grupo de bimotoreos cortos y se eligió como representativo el DHC-6.

a) Obtención del número de salidas equivalentes anuales - del avión de diseño (R_1), utilizando la expresión:

$$\text{Log } R_1 = \text{Log } R_2 * (W_2/W_1)^{0.5}$$

Donde:

R_1 = Número de salidas equivalentes anuales del - avión de diseño.

R_2 = Número de salidas anuales de cualquier avión_ expresadas en piernas del tren de aterrizaje_ principal del avión de diseño.

W_1 = Carga por rueda del avión de diseño.

W_2 = Carga por rueda del avión en cuestión.

Cuando la configuración de las ruedas del tren principal del avión en cuestión, es diferente a la del avión de diseño, se afecta R_2 por un factor de conversión.

En este caso el avión de diseño es el B-747-200B - con ruedas en doble tándem.

Factor de conversión:

ruedas sobre tándem - doble tándem = 1.0

ruedas dobles - doble tándem = 0.6

rueda sencilla - doble tándem = 0.5

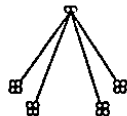
Configuración del tren de aterrizaje:

DC-8-63



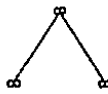
$W=355,000$ lb.

B-747-200B



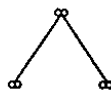
$W=820,000$ lb.

DC-9-51



$W=121,000$ lb.

B-727-200A



$W=207,000$ lb.

DHC-6



$W=11,579$ lb.

Carga/rueda (W_2) = $W(0.95)/\text{No. de ruedas}$

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA⁷⁹

Para el DC-8-63:

$$\text{Log } R_1 = [\text{Log } (2,845/2)(1)] * (42,156.25/48,687.50)^{0.5}$$

$$R_1 = 859$$

Para el DC-9-51:

$$\text{Log } R_1 = [\text{Log } (8,536/2)(0.6)] * (28,737.5/48,687.50)^{0.5}$$

$$R_1 = 415$$

Para el B-737-200A:

$$\text{Log } R_1 = [\text{Log } (11,407/2)(0.6)] * (49,281.25/48,687.50)^{0.5}$$

$$= 3,596$$

Para el DHC-6:

$$\text{Log } R_1 = [\text{Log } (23,626/2)(0.5)] * (5,500.025/48,687.5)^{0.5}$$

$$= 19$$

TRAFICO AEREO	OPERACIONES/AÑO	CARGA/RUEDA (lb)	R ₁
DC-8-63	2,845	42,156.25	859
B-747-200B	2,845	48,687.50	1,423
DC-9-51	8,536	28,737.50	415
B-727-200A	11,407	49,281.25	3,596
DHC-6	23,626	5,500.025	19

Como el número de salidas equivalentes anuales es mayor de 1,200 se incrementará el espesor de la carpeta en una pulgada. También en este caso resulta mayor a 6,000 salidas, por lo que el espesor de base y sub-base se incrementarán un treinta por ciento (30%).

b).- Clasificación de suelos finos y subrasante.

Con $LL=25\%$ e $IP=25\%$, se obtiene E-7

Con E-7 y teniendo drenaje pobre, se obtiene una clasificación de la subrasante F_7 ó Rc.

c).- Obtención de espesores.

Con F_7 y un peso del avión de diseño de 820,000 lbs., se obtiene:

Espesor total = 48"

Espesor de base = 13"

Espesor de carpeta: 5" en áreas críticas

4" en áreas no críticas

Por lo tanto la sub-base = $48 - (13+5) = 30"$

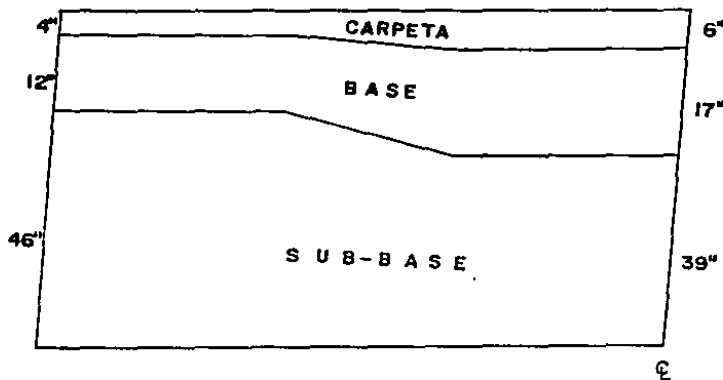
d).- Obtención de los espesores corregidos.

El espesor para áreas no críticas será igual a $0.9T$ y en las orillas igual a $0.7T$, donde T es el espesor en áreas críticas.

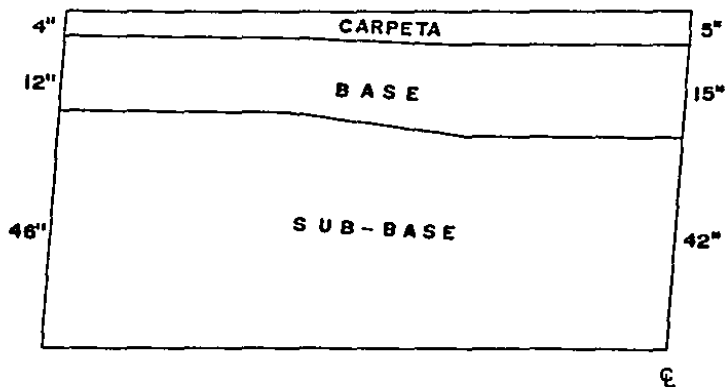
CAPA	T	0.9T	0.7T
CARPETA	$5+1= 6"$	$4+1= 5"$	$0.7(6")= 4"$
BASE	$13+13(0.3)= 17"$	$17(0.9)= 15"$	$0.7(17")= 12"$
SUB-BASE	$30+30(0.3)= 39"$	42"	46"
	62"	62"	62"

PAVIMENTO FLEXIBLE

81



SECCION AREA CRITICA



SECCION AREA NO CRITICA

VIII.4.- PAVIMENTOS RIGIDOS

Método de diseño para México.- Este método tiene su base en estudios de evaluación de la resistencia de 17 diferentes pavimentos rígidos, correspondientes a nueve aeropuertos mexicanos en operación, en pruebas de laboratorio en losas a escala natural y, en los métodos de diseño de pavimentos de la Asociación del cemento Portland (PCA) y de la administración Federal de Aviación (FAA), se ha investigado un método factible de diseño de pavimentos rígidos específico para los aeropuertos de México.

La evaluación de la resistencia de los pavimentos se efectuó por medio de pruebas de placa utilizando el método de Número de Clasificación de Cargas (LCH). Con base en los resultados de evaluación se establecieron las curvas de comportamiento esperado para los pavimentos rígidos de los aeropuertos de México.

Para el cálculo del pavimento rígido para el aeropuerto de Cd. Juárez, Chih., se cuenta con los datos siguientes:

- Ubicación del pavimento en Cd. Juárez, Chihuahua.
- Factor de repetición de cargas para banda A.
- Sub-base hidráulica de 20 cm de espesor.
- Módulo de reacción de subrasante $K_{sr} = 7 \text{ kg/cm}^3$
- $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.

Y el siguiente tráfico aéreo:

TIPO DE AVION	No. OPERACIONES	PESO MAX. DE DESPEGUE	PESO MAX. DE ATERRIZAJE
DC-8-63	1,443 salidas	161,028 kg	117,029 kg
	1,443 llegadas		
B-747-200B	1,443 salidas	372,300 kg	256,000 kg
	1,443 llegadas		
DC-9-51	4,268 salidas	54,886 kg	49,896 kg
	4,268 llegadas		
B-727-200A	5,704 salidas	94,200 kg	72,600 kg
	5,704 llegadas		
DCH-6	11,813 salidas	5,252 kg	5,171 kg
	11,813 llegadas		

- CALCULO DE LA CARGA POR RUEDA, CONSIDERANDO QUE EL 95 % DEL PESO DEL AVION LO TOMA EL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL. (AVION DE DISEÑO B-747-200B).

DC-8-63: Despegue = $0.95(161,028)/8 = 19,122.075$ kg.
 Aterrizaje = $0.95(117,029)/8 = 13,897.194$ kg.

B-747-200B:
 Despegue = $0.95(372,300)/16 = 22,105.3125$ kg.
 Aterrizaje = $0.95(256,000)/16 = 15,200.00$ kg.

DC-9-51: Despegue = $0.95(54,886)/4 = 13,035.425$ kg.
 Aterrizaje = $0.95(49,896)/4 = 11,850.3$ kg.

B-727-200A: Despegue = $0.95(94,200)/4 = 22,372.5$ kg.
 Aterrizaje = $0.95(72,600)/4 = 17,242.5$ kg.

DCH-6: Despegue = $0.95(5,252)/2 = 2,494.7$ kg.
 Aterrizaje = $0.95(5,171)/2 = 2,456.225$ kg.

Carga por pierna del avión de diseño:

$$0.95(830,000)/4 = 194,750 \text{ lbs.}$$

- CALCULO DEL NUMERO DE REPETICIONES DE CARGA DEL AVION -
DE DISEÑO:

Factor de conversión:

ruedas doble tandem - doble tandem = 1.0

ruedas dobles - doble tandem = 0.6

rueda sencilla - doble tandem = 0.5

DC-8-63:

$$\text{Log } R_1 = [\log 1,443(1)] * (19,122.075/22,105.3125)^{0.5}$$

$$R_1 = 868 \text{ (salidas)}$$

$$\text{Log } R_1 = [\log 1,443(1)] * (13,897.194/22,105.3125)^{0.5}$$

$$R_1 = 1,987 \text{ (llegadas)}$$

B-747-200B

$$\text{Log } R_1 = [\log 1,443(1)] * (15,200.0 / 22,105.3125)^{0.5}$$

$$R_1 = 417 \text{ (llegadas)}$$

DC-9-51:

$$\text{Log } R_1 = [\log 4,268(0.6)] * (13,035.425/22,105.3125)^{0.5}$$

$$R_1 = 414 \text{ (salidas)}$$

$$\text{Log } R_1 = [\log 4,268(0.6)] * (11,850.3-22,105.3125)^{0.5}$$

$$\text{Log } R_1 = 313 \text{ (llegadas)}$$

B-727-200A:

$$\text{Log } R_1 = [\log 5,704(0.6)] * (22,372.5/22,105.3125)^{0.5}$$

$$R_1 = 3,594 \text{ (salidas)}$$

$$\text{Log } R_1 = [\text{log } 5,704(0.6)] * (17,242.5/22,105.3125)^{0.5}$$

$$R_1 = 1,323 \text{ (llegadas)}$$

DHC-6:

$$\text{Log } R_1 = [\text{log } 11,813(0.5)] * (2,494.7/22,105.3125)^{0.5}$$

$$R_1 = 18 \text{ (salidas)}$$

$$\text{Log } R_1 = [\text{log } 11,813(0.5)] * (2,456.225/22,105.3125)^{0.5}$$

$$R_1 = 18 \text{ (llegadas)}$$

TIPO DE AVION	No. OPERACIONES	CARGA/RUEDA	R_1
DC-8-63	1,443 salidas	19,122.075	868
	1,443 llegadas	13,897.194	1,987
B-747-200B	1,443 salidas	22,105.3125	1,443
	1,443 llegadas	15,200	417
DC-9-51	4,268 salidas	13,035.425	414
	4,268 llegadas	11,850.3	313
B-747-200A	5,704 salidas	22,372.5	3,594
	5,704 llegadas	17,242.5	1,323
DCH-6	11,813 salidas	2,494.7	18
	11,813 llegadas	2,456.225	18
			10,395

FACTOR DE REPETICION PARA BANDA A

$$= 0.63$$

NUMERO DE REPETICIONES DEL AVION CRITICO EQUIVALENTE SERA:

$$= 0.63 (10,395) = 6,549$$

GRADIENTE TERMICO PARA CD. JUAREZ, CHIHUAHUA,

$$= 19.2^{\circ}\text{C}$$

FACTOR DE SEGURIDAD RECOMENDADO PARA AREAS CRITICAS,

PARA 6,000 -----1.49

10,000 -----1.53

Interpolando para 6,549 FS=1.4955

ESFUERZO A LA TENSION POR FLEXION:

$$MR/FS=0.145(350)/1.4955=33.94 \text{ kg/cm}^2$$

OBTENCION DEL MODULO DE REACCION DE LA SUB-BASE:

CON: -SUB-BASE HIDRAULICA DE 20 cm.

-MODULO DE REACCION DE SUBRASANTE = 7 kg/cm^3

SE OBTIENE UN $K_{sb}=8.2 \text{ kg/cm}^3$

CALCULO DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO:

CON: -ESFUERZO A LA TENSION POR FLEXION= 33.94 kg/cm^2

-MODULO DE REACCION DE SUB-BASE = 8.2 kg/cm^3

-CARGA POR PIERNA DEL AVION DE DISER0 = 194,750 lbs.

SE OBTIENE UN ESPESOR DE LOSA = 30 cm.

DIMENSIONAMIENTO DE LOSAS Y VARILLAS DE PASAJUNTAS

DIMENSIONES DE LOSAS CON ESPESOR DE LOSA = 30 cm.

$$= 12''$$

= LOSAS DE 3.8 (3.8m)

VARILLAS LISAS CON ESPESOR DE LOSA DE 12"

$$\phi = 1.5''$$

$$l = 20''$$

$$@ = 15''$$

VARILLAS CORRUGADAS CON ESPESOR DE LOSA = 12"
Y ANCHO DE LOSA = 12.5 ft

$$\phi = 1/2''$$

$$l = 21''$$

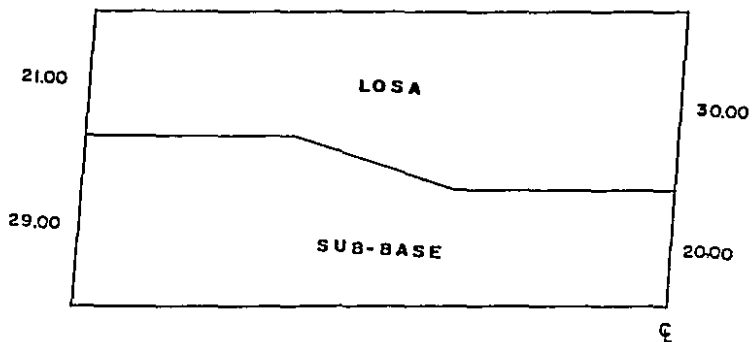
$$@ = 22''$$

ZONIFICACION DEL PAVIMENTO

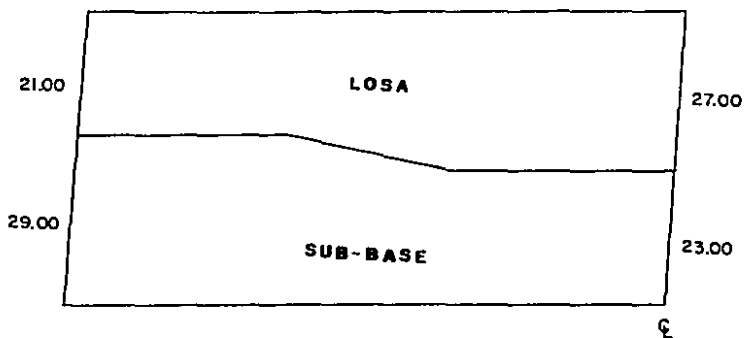
ESPESOR	H	0.9H	0.7H
LOSA	30 cm	27 cm	21 cm
SUB-BASE	20 cm	23 cm	29 cm

PAVIMENTO RIGIDO

88



SECCION AREA CRITICA



SECCION AREA NO CRITICA

Acotaciones en cm.

CAPITULO IX.- AYUDAS PARA LA NAVEGACION.

CAPITULO IX.- AYUDAS PARA LA NAVEGACION

Las ayudas a la navegación pueden clasificarse de una manera amplia en dos grupos: (1) aquéllas que se encuentran localizadas en el suelo (ayudas externas) y (2) aquéllas que se encuentran localizadas en la cabina (ayudas internas). Un tipo de ayudas va dirigido principalmente al vuelo transoceánico, otro al vuelo sobre grandes extensiones de tierra y finalmente otro que sirve para el vuelo sobre el océano o sobre tierra. Unas ayudas sólo se utilizan en ruta mientras que otras son necesarias en las áreas terminales.

AYUDAS EXTERIORES.- (para vuelos en ruta y sobre tierra).- Las principales ayudas utilizadas son:

1.- RADIOFARO OMNIDIRECCIONAL DE MUY ALTA FRECUENCIA.- Los adelantos conseguidos en radio y electrónica durante y después de la segunda guerra mundial permitió la instalación de este tipo de equipos más corrientemente conocidos con el nombre de VOR. 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.

2.- EQUIPO RADIOTELEMETRICO.- Este equipo conocido como DME se encuentra instalado en casi todas las estaciones VOR y sirve para dar a conocer al piloto la dirección y la distancia aérea que existe entre el avión y una estación VOR en particular.

Aunque es la distancia aérea lo que se mide, el equipo receptor del avión a 10,650 metros por encima del

DME, leerá 10.7 kilómetros.

3.- TACAN, VORTAC, VQR-DMET.- La ayuda a la navegación aérea en ruta que mejor sirvió a las necesidades militares, fué la que desarrolló la Navy a principios de los años 50, conocida con el nombre de TACAN y que en la actualidad es empleada para navegación aérea táctica. La ayuda combinada, la medición del azimut y la distancia en un solo elemento en vez de en dos y opera en banda de ultra alta frecuencia. De mutuo acuerdo entre las necesidades civiles y militares, la FAA reemplazó el equipo DME - de sus ayudas VOR, por los componentes para medida de distancia del TACAN.

Estas estaciones se conocen con el nombre de VOR-DMET. Si una estación incluye el equipo TACAN (medida del azimut y distancia) y también el VOR, recibe el nombre de VORTAC.

4.- RADAR DE VIGILANCIA EN RUTA.- El radar de largo alcance para seguimiento de aviones en ruta, se instaló por todo el continente de Estados Unidos y en otra parte del mundo. Mientras que en los Estados Unidos existe una completa cobertura del radar en los 48 Estados, no ocurre así en el resto del mundo. Estos aparatos de radar tienen un alcance de cerca de 560 km.

AYUDAS EXTERIORES PARA VUELOS DE APROXIMACION Y SOBRE TIERRA.- Las principales ayudas en el área terminal son las que se utilizan para el aterrizaje de las aeronaves, pudiéndose destacar:

1.- SISTEMA DE ATERRIZAJE POR INSTRUMENTOS.- El -

sistema más ampliamente empleado es el ILS. Consta de - dos transmisores de radio localizados en el aeropuerto; - un haz de uno de los transmisores es el localizador y el otro es la senda de planeo. El localizador indica al piloto si se encuentra a la derecha o a la izquierda de la correcta alineación con el eje de la pista.

2.- MICROONDA ILS.- El ILS ofrece ciertos problemas que pueden describirse brevemente tal como sigue: Es este sistema se basa en las señales que se reflejan desde - el suelo; por ello el área adyacente a las antenas debe - ser relativamente suave y mantenerse limpio de cualquier - obstáculo, tal como edificios y rodajes de aviones, ya - que si no, los haces se distorsionan.

3.- RADAR DE VIGILANCIA EN EL AEROPUERTO.- Con ob jeto de que el controlador de la torre tenga una imagen - total de lo que ocurre dentro del espacio aéreo que rodea el área terminal, se instaló en la mayoría de los aero - puertos del país un radar de vigilancia (ASR) que gira - los 360° y la información se recibe sobre una pantalla en la torre de control. El alcance de ASR varía de 50 a 100 km y muestra en la pantalla los aviones en su posición -- horizontal relativa en forma de señales puntuales.

4.- LUCES DE APROXIMACION.- El punto más crítico de la aproximación al aterrizaje, es cuando el avión atra viesa la zona de nubes y el piloto debe de cambiar de uti lizar los instrumentos a utilizar las condiciones visua - les. Sólo existen unos pocos segundos para la transición y completar el aterrizaje. Para ayudar en este periodo - de transición, se instalan luces en las proximidades de - la pista y en la misma pista. Existe un gran número de -

tipos y formas de luces e incluso actualmente se experimentan otros.

5.- EQUIPO DE DETECCION DE SUPERFICIE EN LOS AEROPUERTOS.- En los grandes aeropuertos con elevada densidad de tráfico aéreo los controladores tienen dificultad para regular el rodaje de los aviones ya que no pueden verlos cuando existen malas condiciones de visibilidad. Para paliar este problema se creó un radar especial conocido como ASDE (equipo de detección de superficie en los aeropuertos) que ayuda a los controladores a regular el tráfico en el aeropuerto, dando una imagen de las pistas, calles de rodaje y área terminal.

6.- LUCES DE IDENTIFICACION DE EXTREMO DE PISTA. - Se conocen como REIL y se instalan para proporcionar al piloto una identificación visual y positiva del final de la pista cuando no existen luces de aproximación.

CAPITULO X.- INSTALACIONES Y SERVICIOS.

X.1.- ZONA TERMINAL

X.2.- RESCATE Y EXTINCION DE INCENDIOS.

CAPITULO X.- INSTALACIONES Y SERVICIOS

X.1.- ZONA TERMINAL

La zona terminal es la parte principal de conexión entre el campo de vuelo y el resto del aeropuerto. Incluye las instalaciones para el movimiento de pasajeros, mantenimiento de la carga, conservación y administración del aeropuerto.

Sistema de tratamiento de pasajeros.-

Es la conexión principal entre el acceso al aeropuerto y el avión; su propósito es: (1) establecer enlace con el modo de acceso de pasajeros al aeropuerto, (2) - acoger al viajero que inicia o acaba un viaje aéreo y (3) transportarlo desde o hacia el avión.

Componentes de este sistema.-

El sistema de tratamiento de pasajeros se compone de tres partes principales. Estas y las actividades que tienen lugar cada una de ellas son las siguientes:

1).- Conexión con los accesos.- El pasajero pasa de su modo de viaje en que accede al aeropuerto a la componente de tramitación de pasajeros. Las actividades que tienen lugar son: circulación, aparcamiento y subida y bajada de pasajeros en la acera del terminal.

2).- Tramitación.- En este componente el viajero realiza los trámites necesarios para iniciar o acabar un vuelo. Las actividades principales que tienen lugar aquí

son: la expedición de billetes, la facturación del equipaje, recogida de equipaje y control.

3).- Conexión con el vuelo.- El viajero pasa, una vez realizados sus trámites, al avión. Las actividades que tienen lugar en esta componente son: la concentración del viajero, traslado al y desde el avión, y embarque -de desembarque del pasaje.

INSTALACIONES NECESARIAS PARA EL TRATAMIENTO DE PASAJEROS.-

Para llevar a cabo las funciones encomendadas a este sistema se necesita de una serie de instalaciones que según cada etapa son las siguientes:

1.- Conexión con los accesos:

- a).- Aceras en las llegadas y salidas para la subida y bajada de aquellos pasajeros que utilizan el automóvil como modo de acceso al aeropuerto.
- b).- Conexiones suficientes con los diferentes aparcamientos de automóviles situados en el aeropuerto, tales como paseos, autobuses o sistemas de transporte automático.
- c).- Instalaciones para embarque y desembarque de pasajeros que utilizan transportes colectivos de acceso al aeropuerto; tales como paradas de autobuses y andenes para trenes rápidos.

2.- Tramitación.- Con objeto de atender a las principales actividades, deben de preverse las instalaciones siguientes:

- a).- Mostradores para la expedición de billetes y facturación de equipajes por las compañías aéreas.
- b).- Mostradores para actividades de control tales como: seguridad, aduanas, sanidad e inmigración.
- c).- Instalaciones para la recogida de los equipajes.
- d).- Indicadores de los vuelos regulares y otros anuncios relacionados con los vuelos; así como las direcciones dentro de los edificios terminales.

Para poder atender todas las actividades mencionadas, se necesita otra serie de instalaciones tales como:

- e).- Espacio suficiente para la circulación de los pasajeros.
- f).- Salas de espera y descanso.
- g).- Esparcimientos, incluyendo lavabos, teléfonos públicos, taquillas de depósito, salas para primeras ayudas, correos y reservas de hoteles.
- h).- Instalaciones para el consumo de alimentos y bebidas, incluyendo restaurantes, cafeterías, bares y máquinas de alimentos.
- i).- Instalaciones para los visitantes, terrazas y salones especiales.
- j).- Concesiones, incluyendo puestos de periódicos, tiendas, bancos, alquiler de coches, seguros y tiendas de impuestos.

3.- Conexión con el vuelo.- Para esto son necesarias las instalaciones siguientes:

- a).- Espacio para reunir a los pasajeros ante las - -

puertas de salida hacia el avión.

- b).- Medios de transporte, incluyendo escaleras mecánicas, autobuses o cualquier otro medio, dependiendo del concepto que se haya utilizado en el tratamiento de pasajeros.
- c).- Instalaciones de carga, incluyendo pasarelas telescópicas, puente de proa, escaleras o escaleras mecánicas.
- d).- Medios de transporte para pasajeros en tránsito, incluyendo corredores y zona de espera.

INSTALACIONES PARA LAS ACTIVIDADES DE LAS COMPANIAS AEREAS.- El edificio terminal que alberga las instalaciones correspondientes al tráfico de pasajeros, también tiene que tener espacios para las necesidades de las líneas aéreas y que incluyen:

- 1.- Espacio para despachos adyacentes a los mostradores - que atienden a los pasajeros.
- 2.- Instalaciones para la manutención del equipaje, incluyendo cintas transportadoras, equipo de clasificación y carretones para equipaje.
- 3.- Instalaciones de telecomunicación.
- 4.- Oficinas de expediciones, en las que se planifican - las actividades relacionadas con el avión, tal como - el plan de vuelo.

INSTALACIONES PARA LA ADMINISTRACION Y FUNCIONES DE GOBIERNO.- Aunque la administración y funciones de -

gobierno de un aeropuerto no tienen por qué situarse en el edificio terminal de pasajeros, si es necesario disponer de espacio para aquellas actividades que necesitan estar próximas al sistema de tratamiento de pasajeros. - Las instalaciones incluyen:

- 1.- Oficinas para el personal de seguridad.
- 2.- Oficinas para el personal de inmigración y aduanas.
- 3.- Instalaciones para un sistema de altavoces.
- 4.- Espacio para albergar el equipo de mantenimiento y personal.

X.2.- RESCATE Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS

El puesto de bomberos del aeropuerto debe estar - ubicado de modo que la demora de intervención, en caso de que ocurra algún accidente o incidente de aviación no sea mayor de tres minutos y, de preferencia, de un máximo de dos minutos, en condiciones óptimas de visibilidad y - de superficie. Otras consideraciones, tales como la nece- sidad de que el personal de salvamento y los bomberos ten- gan que acudir a incendios de edificios y desempeñar - - otras funciones, son de importancia secundaria y deben - subordinarse a la exigencia principal. En un aeropuerto_ grande puede ser necesario contar con más de un puesto de bomberos, cada uno ubicado estratégicamente en relación - con la distribución de las pistas.

Los análisis de las situaciones de emergencia han_ revelado que gran número de accidentes e incidentes de - aviación ocurren en las pistas o junto a ellas y, por es- to, es indispensable ubicar los puestos de bomberos en - áreas desde las cuales puedan responder, en los casos de emergencia, en el menor tiempo posible.

El puesto de bomberos del aeropuerto deberá contar con instalaciones para albergar el equipo y personal de - rescate y extinción de incendios, incluyendo, en algunos_ casos, ambulancias y su personal de dotación. El equipo, cantidad de agentes extintores, número de vehículos y de personal lo determinará principalmente la longitud de las aeronaves que utilicen el aeropuerto y su frecuencia de - utilización.

CAPITULO XI.- CONSERVACION DE PAVIMENTOS.

XI.1.- INTRODUCCION

XI.2.- DEFINICION DE LAS FALLAS

XI.3.- CLASIFICACION DE LAS FALLAS

XI.4.- PROBABLES CAUSAS DE LAS FALLAS.

CAPITULO XI.- CONSERVACION DE PAVIMENTOS

XI.1.- INTRODUCCION

Para que las obras realizadas por el hombre perduren, requieren de una buena, eficaz y oportuna conservación. Para que estas condiciones se satisfagan, es necesario que el encargado de ellas o el residente de conservación sea un individuo sumamente observador, pues sin esta cualidad le será muy difícil obtener resultados satisfactorios.

Los detalles que involucran la conservación son innumerables, cada parte de la aeropista es vulnerable a todos los agentes destructivos exteriores, por lo que hay que percibir constantemente que tal o cual deterioro ha sucedido, estudiar las causas que lo originan y proceder de inmediato a corregirlo.

XI.2.- DEFINICION DE LAS FALLAS

- Pavimentos flexibles:

- | | |
|---------------------|---|
| Asentamiento.- | Variación del nivel de la sección. |
| Piel de cocodrilo.- | Agrietamiento en forma de retícula que se produce en las capas superficiales. |
| Corrugación.- | Prominencias que aparecen en la superficie del pavimento. |
| Escarapelado.- | Separación de la película de asfalto que envuelve el material pétreo. |
| Fisuras o grietas.- | Líneas de ruptura. |

Ondulación.-	Depresión de forma redondeada.
Pavimento liso.-	Desgaste del pavimento, que lo vuelve liso y resbaloso.
Bache.-	Cavidad de forma redondeada de bordes francos, creada en la superficie del pavimento por levantamiento de material.
Llorado.-	Zona localizada en la que aparece un exceso de asfalto en la superficie.
Afloración de mortero.-	Separación del mortero y de los agregados que descienden hacia la parte baja de la capa.
Superficie rugosa.-	Piedras duras que aparecen en relieve en la superficie del pavimento.
Desgranamiento.-	Desprendimiento de la gravilla de la carpeta.

- Pavimentos rígidos:

Levantamiento de la losa.-	Desnivel transversal de la junta.
Fractura.-	Agrietamiento completo de la losa que la separa en dos.
Eyección de la junta.-	Material que sale por la junta de dilatación.
Resquebrajamiento.-	Desmoronamiento del borde de la losa al nivel de la junta.
Escarapelado o escamado.-	Desintegración superficial del concreto.
Bombeo.-	Cavidad que se forma bajo las losas.

sas, que se llena de agua y lodo, - que sale proyectado por el paso de las cargas.

XI.3.- CLASIFICACION DE LAS FALLAS

Las fallas pueden clasificarse en cuatro grupos:

- 1.- Deformaciones
- 2.- Agrietamientos
- 3.- Desprendimientos
- 4.- Afloraciones o movimientos del material

Las deformaciones y las fisuras (agrietamientos) - afectan por lo general las capas inferiores para luego al canzar la capa superficial, mientras que los desprendimientos y afloraciones se originan y desarrollan en la capa superficial.

XI.4.- PROBABLES CAUSAS DE LAS FALLAS

Las causas de las fallas son muy numerosas y diversas: de índole cuantitativo (tránsito, etc.), cualitativo (tipo de material que constituye el cuerpo del pavimento - por ejemplo) o bien aleatorio (lluvias, humedad, etc.).

Estos factores son a la vez causa y efecto, es decir cuando las fallas evidentes se vuelven la causa de - nuevas fallas, éstas se desarrollan rápidamente.

Cada factor tiene un efecto preponderante pero temporal y aleatorio y conviene ser muy prudente en cuanto - al valor de esta influencia.

Los parámetros que más influyen en el cuerpo del - pavimento son la presencia de agua en mayor cantidad que lo normal y los ciclos del hielo-deshielo, en las zonas - frías.

Las fallas también son debidas a la cantidad de - los materiales y su colocación:

- Materiales inadecuados:

Granulometría incorrecta
Porcentaje elevado de elementos redondeados
Insuficiente dureza de los agregados
Agregados sucios
Desgaste excesivo de los agregados

- Fabricación deficiente:

Porcentaje incorrecto de asfalto o de finos
Insuficiente mezclado

- Colocación que no satisface las condiciones requeridas:

Insuficiente compactación
Excesiva compactación
Insuficiente temperatura de colocación
Segregación durante la colocación.

CAPITULO XII.- CONCLUSIONES.

XII.- CONCLUSIONES

Como se ha visto en el capítulo VIII de este trabajo, se cuenta con 2 alternativas para la construcción del pavimento del Aeropuerto de Cd. Juárez, Chihuahua, como son: Pavimento flexible y pavimento rígido.

Se diseñaron estos 2 tipos de pavimentos con la finalidad de que cuando se vaya a llevar a cabo esta obra, se elija aquel que satisfaga los necesarios requerimientos del servicio a costo mínimo, pues los pavimentos rígidos o flexibles son ventajosos o inconvenientes según los casos, hablando comparativamente. En general los pavimentos rígidos demandan poco gasto de conservación y se deterioran poco, pero su costo de construcción es alto y están circunscritos a la disponibilidad de los materiales necesarios y a un equipo de construcción especializado, en cambio, los pavimentos flexibles requieren menor inversión inicial, pero una conservación más costosa.

En general, el presente estudio ha tenido una doble finalidad: la primera consiste en el estudio específico del plan maestro del Aeropuerto de Cd. Juárez, Chihuahua, proporcionando datos concretos de dimensiones, capacidad y ubicación, de los diferentes elementos que lo integran; no sin antes mencionar que las dimensiones del área terminal, de la zona de combustibles y del área de estacionamiento, son casi similares a las que se tienen actualmente en el aeropuerto existente, debido a que en el transcurso de la elaboración de este trabajo se hicieron varias visitas a éste y se pudo constatar que estas instalaciones están trabajando con unas dimensiones demasiado grandes y que pueden ser aceptables para este nuevo

aeropuerto, aunque por sí el área llegara a ser poca en el futuro, se cuenta con espacio disponible para una ampliación considerable.

La segunda finalidad consiste en ampliar el horizonte, en cuanto al proyecto de los aeropuertos de México, por medio de la adaptación a las necesidades y condiciones de nuestro país, de las nuevas técnicas y procedimientos de estudio utilizados en los principales aeropuertos del mundo; el presente trabajo se ha utilizado como ejemplo para dicho fin y se espera que sirva como base para estudios posteriores.

B I B L I O G R A F I A :

- Robert Horonjeff. "Planning and Desing of Airports"
Mc Graw-Hill
- E.J. Yoder y M.W. Witczak. "Principles of pavement Design".
J. Wiley and Sons.
- Federal Aviation Administration. "Airport Pavement Design
and Evaluation". FAA (Nov. 1974)
- Federal Aviation Administration. "Airport Pavement Design
and Evaluation". (Dic. 1978)
- E. Juárez B. y A. Rico R. "Mecánica de suelos" Tomo II.
- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). -
"Manual de Aeródromos". Parte 2
- F. Dovalí y F.F. Rodarte. "Investigación de un método -
de diseño de Pavimentos Rígidos para Aeropuertos" (1976).