

5
24° 870115

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
GUADALAJARA**

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**“ DISEÑO DE NUEVA AEROPISTA EN EL
AEROPUERTO MIGUEL HIDALGO ”**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
P. RAMON DAVALOS SANTILLAN
GUADALAJARA, JAL. 1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

Capítulo I	
Antecedentes	2
Capítulo II	
Topografía	24
Capítulo III	
Estudio Geológico	33
Capítulo IV	
Diseño	47
Capítulo V	
Cálculo de Espesor de Pavimento	57
Capítulo VI	
Drenaje	67
Capítulo VII	
Normas y Especificaciones	76
Capítulo VIII	
Conclusiones	101
Bibliografía	108

CAPITULO I
ANTECEDENTES

1.1 LOCALIZACION

El Aeropuerto Internacional Miguel Hidalgo, se localiza al sur de la ciudad de Guadalajara a la altura del kilómetro 11+500 de la carretera Guadalajara-Chapala con una desviación a la derecha de 1300 m. Siendo sus coordenadas geográficas las siguientes:

Latitud	2°31'24"
Longitud	103°18'35"
Elevación sobre el nivel del mar:	1526 m.

1.2 DESCRIPCION GENERAL

El Aeropuerto Miguel Hidalgo cuenta con dos pistas de aterrizaje, una principal con 60 m. de anchura y 4000 m. de recorrido y otra secundaria con 35 m. de anchura y 1770 m. de recorrido; pero únicamente la pista principal llamada 10-28 cumple con las especificaciones para recibir las cargas producidas -- por las grandes aeronaves. La pista auxiliar es utilizada para dar cabida a las naves más pequeñas como avionetas y jet particular.

1.3 LA NECESIDAD DE UNA NUEVA PISTA

La fluencia de tráfico aéreo en el aeropuerto, cuenta, según aforos de 1987, con un tránsito diario promedio del 98% de aviones de variada capacidad y utilización, así como de aviones y jets particulares.

La importancia del aeropuerto Miguel Hidalgo de Guadalupe, viene implícita en el gran desarrollo de la entidad; previendo este avance en las actividades tanto comerciales, turísticas, sociales y consecuentemente económicos, en un futuro se hará necesario el crecimiento o ampliación del Aeropuerto para cubrir las necesidades venideras de la región.

Ampliando los puntos más importantes para la justificación del proyecto mencionaremos que:

Los aviones al aterrizar tienen que hacer un recorrido de aproximadamente 0.5 km. para desalojar la pista, mientras tanto, otros aviones tienen la necesidad de sobrevolar el área de Guadalupe; teniendo esto una consecuencia económica en los costos de vuelo, ya que en el carreteo la aeronave hace un considerable gasto extra de combustible, así mismo en la maniobra de sobrevolar la zona esperando disponibilidad de pista para aterrizar.

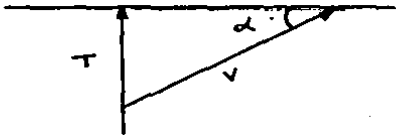
Una pista perpendicular a la pista principal no es recomendable porque la cabecera 20 estará muy cercana a la carretera Guadalajara-Chapala, con líneas de cableado de la C.F.E.; - al sur quedaría la cabecera 02, la cual tendría su principal inconveniencia en la existencia del cerro llamado Tlajomulco.

Es por eso que se propone una pista alterna paralela a la pista principal 10-28, circulando o con orientación de este a oeste.

Orientación de Aeropistas

La Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI) especifica que las aeropistas de tipo transoceánico, transcontinental e internacional A.B.C. respectivamente, deben orientarse de tal manera que puedan aterrizar al menos el 95% de las veces sin que la componente transversal del viento perpendicular a la dirección de las aeropistas, exceda la velocidad de 24 km/hora.

Este es aproximadamente el viento transversal máximo que se considera puede ser resistido con seguridad razonable por los aviones para carga, los cuales pueden aterrizar con componente transversal del viento hasta de 48 km/hora.



V = Velocidad del viento.

T = Componente transversal de
velocidad = $V \cdot \sin$

Para obtener la orientación, se toman datos estadísticos de los vientos durante 365 días, estos datos ueben contener di^{rección} y velocidad de los vientos.

Teniendo estos datos se obtienen porcentajes, contando el número de veces que el aire sopla (con una velocidad comprendi^{da} entre ciertos límites ya sea de 6 a 24 km/hora de 24 a 48 - km/hora, etc.) En una dirección dividiendo esta cantidad entre 365 días y multiplicando por 100.

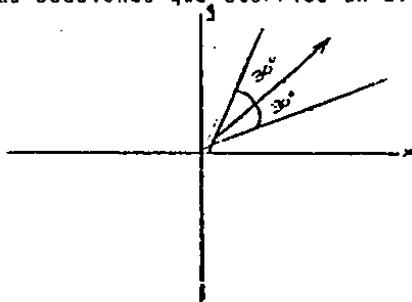
Posteriormente se traza una rosa de los vientos y con los porcentajes para cualquier dirección, se toma un ángulo que cu^{bra} ciertos porcentajes.

Sumando los porcentajes de vientos menores a 24 km/hora - nos dará un porcentaje de tiempo en el cual los aviones pueden aterrizar con seguridad.

Para orientación en la rosa de los vientos, tomaremos el mayor porcentaje de vientos; es decir, los vientos dominantes.

Ahora, si consideramos velocidades mayores de 24 km/hora-

actuando 30° que es el ángulo mayor que un viento de 48 km/hora puede formar con el eje de la aeropista para que la componente transversal no exceda los 24 km/hora ($48 \times \text{sen } 30^\circ = 24$). Así se ampliará el ángulo de orientación de ésta, para alcanzar el 95% de las ocasiones que aterrice un avión.



Dada la orientación de la pista según el norte magnético se le dará nombre a la misma.

Por ejemplo: si esta orientación de SE-NW con 100° en dirección SE y 280° en dirección NW, la pista se nombrará $100^\circ / 10^\circ - 280 / 10^\circ = 10 - 28$ se divide entre 10° porque las brújulas de los aviones vienen divididas en fracciones de 10° .

ITINERARIO DE LLEGADAS Y SALIDAS

<u>Procedencia</u>	<u>Llegada</u>	<u>Línea</u>	<u>Días a la semana</u>
Albuquerque	2:37	Delta	7
Albuquerque	10:55	Delta	7
La Paz	8:00	Aerocalifornia	7
Los Mochis	11:05	"	7
Los Mochis	18:35	"	7
Tijuana	18:35	"	7
Acapulco	9:55	Mexicana	3
Atlanta	20:20	"	4
Baltimore	17:20	"	3
Calgary	14:50	"	4
Cancún	19:55	"	4
Cancún	20:20	"	4
Chicago	22:35	"	3
Chicago	1:05	"	4
Cd. del Carmen	12:50	"	1
Cd. del Carmen	21:10	"	2
Concord. Calif.	14:50	"	3
Cozumel	19:35	"	4
Cozumel	21:10	"	4
Dallas	15:00	"	3
Dallas	20:20	"	4
Edmonton	22:00	"	3
Filadelfia	14:15	"	2

Fresno	14:50	Mexicana	7
Fresno	21:20	"	7
Guatemala	17:20	"	5
Hermosillo	12:00	"	5
Hermosillo	22:30	"	1
Huautulco	20:25	"	7
Ixtapa	8:15	"	4
Ixtapa	18:55	"	6
Kansas City	15:00	"	3
Kansas City	20:20	"	4
La Habana	17:20	"	2
Las Vegas	14:50	Aeroméxico	1
Las Vegas	17:30	"	3
Las Vegas	21:20	"	7
Las Vegas	23:39	"	6
Los Angeles	5:00	"	7
Los Angeles	12:45	"	6
Los Angeles	16:00	"	7
Los Angeles	14:15	"	4
Los Angeles	14:50	"	4
Los Angeles	14:50	"	4
Los Cabos	17:30	"	7
Manzanillo	21:20	"	7
Mazatlán	23:50	"	3
Mazatlán		"	7
Mérida		"	4

Mérida	Aeroméxico	5
Mérida	"	<u>12</u>
		245

Llegadas: $7 + 8 + 7 + 4 + 4 + 7 + 8 + 7 + 10 + 14 + 2 + 4 + 18 + 7 + 14 + 7 + 4 + 11 + 23 + 7 + 7 + 8 + 4 + 10 + 4 + 6 + 11 + 7 + 7 + 11 + 4 = 252$

Aeroméxico	Llegadas	16	Continental	Llegadas	2
	Salidas	16		Salidas	2

Alaska Airlines	Llegadas	2	Mexicana	Llegadas	497
	Salidas	2			

	Aeroméxico	
	Continental	20 llegadas
Total de llegadas	Alaska	

$$T_{L1} = 517$$

Y se registraron un total de 696 salidas

$$T_S = 696$$

$$T_U = 517$$

$$T_S = \underline{696}$$

1213 salidas y llegadas por semana

divididas entre los 7 días de la semana tenemos que:

$$1213 \div 7 = 173 \text{ salidas y llegadas diarias}$$

Las horas de mayor tráfico aéreo para sacar porcentajes y analizar, de las horas en la mañana y en la tarde y encontramos que son las siguientes:

10 - 14:00 hrs.	40%	con un promedio de 69 vuelos
6:00 - 9:00 hrs.	30%	con un promedio de 52 vuelos

De los 69 vuelos, tenemos que son 18 vuelos/hora y de los 52 vuelos tenemos que son 17 vuelos/hora.

Tiempo real de ocupación de la pista en llegada y desocupación son aproximadamente de 10-15 minutos.

Si tenemos 18 vuelos promedio/hora, esto dará 279 minutos de ocupación de pista, por lo tanto, la ocupación de la pista en estos horarios pico excede con un 12% del tiempo de ocupación, por lo que ese porcentaje será cubierto por la pista propuesta.

Así mismo con el horario de 6pm - 9pm. se excederá con un porcentaje de 41% que cubrirá de la misma forma la pista auxiliar propuesta.

Es así como se justifica el proyecto de la pista 10-28 auxiliar.

Ya una vez analizada la pista 10-28 auxiliar y tomando en cuenta su capacidad sobrada, ésta tendría una capacidad de recepción de aeronaves para los próximos 20 años, sólo tomando en cuenta los vuelos promedio/hora en las horas.pico.

Este tiempo de vida útil se ampliaría más usando ambas -- pistas de manera alternada, tanto para aterrizajes como para -- despegues.

1.4 PLANEACION;

El desarrollo político, social y económico de México, ha traído como consecuencia una participación más activa y directa del Ingeniero Civil en el mismo. Esta participación en diferentes esferas, lo obligan a interesarse y ponerse al corriente en las más modernas técnicas de planeación, para mantenerse en el plan más relevante.

Las técnicas de planeación pueden comprender diferentes niveles que abarcan desde el nacional, pasando por el regional, hasta llegar al sectorial y, de acuerdo con su posición profesional, es necesario que el Ingeniero Civil, entienda dichos problemas, ya sea que trabaja en el sector público o en la iniciativa privada, a fin de estar en posibilidad de dar soluciones para una mejor inversión de las inversiones y obtener un abatimiento de costos en las diferentes obras, mediante el empleo de técnicas más modernas.

Países como el nuestro, cuyas autoridades están empeñadas en un desarrollo económico más acelerado con el fin de proporcionar mayor bienestar a sus habitantes, necesitan el uso de las técnicas de planeación como una necesidad imperiosa, a fin de aprovechar al máximo los recursos materiales y humanos con que contamos.

La planeación se debe ejecutar partiendo de objetivos, po

líticas, procedimientos y programas, los cuales se deben establecer desde el principio de las operaciones, y revisarse periódicamente de acuerdo con el curso que tomen los trabajos de la organización en quien esté encomendada la obra.

a) **Objetivos**

Son los fines o metas que se pretende alcanzar; la declaración de objetivos indica en términos generales, el fin o la meta general; en esta área se actuará; con qué clase de servicios, a quiénes se les proporcionará el servicio y a qué nivel de calidad.

b) **Políticas**

Son normas o reglas generales que sirven de guía al pensamiento y a la acción de los subordinados.

c) **Procedimientos**

Implican la elección de los medios que han de emplearse y señalan las consecuencias cronológicas de las actividades.

d) **Programas**

Determinan con la mayor precisión posible el desarrollo -

de las actividades en función del costo y del tiempo.

En la planeación de un aeropuerto es esencial contar con suficiente acervo de estudios estadísticos, a los cuales deberán agregarse los análisis relativos a los factores económicos, sociales, técnicos y políticos, con el propósito de poder asf-programar las necesidades; tanto actuales como futuras del mismo.

Antes de poder construir alguna instalación, tiene que -- ser proyectada en detalle. Antes que pueda ser proyectada; hay que especificar ciertas premisas fundamentales; por ejemplo: - la finalidad, capacidad, métodos y sistemas de operación, tamaño, vida proyectada y emplazamiento, etc. Una vez establecidas las especificaciones fundamentales, deberán analizarse las posibles soluciones, para definir la mejor solución o la solución óptima que abarque todos los aspectos del problema, reuniéndolos en el sistema total de operación más eficiente.

La eficiencia ha de medirse en comparación con una variedad de diferentes factores, dependiendo de la naturaleza de la instalación, pero siempre incluyen los costos.

Este análisis es lo que se llama planeación y constituye una labor preliminar esencial antes de hacer ningún problema - o proyecto.

Se elige un análisis lógico y deductivo a los problemas y necesidades, a partir de los primeros principios. Planear no es proyectar y raramente, si es que ocurre alguna vez, tienen éxito los proyectos, a no ser que se conciban dentro del marco disciplinado de un Plan Analítico.

El plan más eficiente para el aeropuerto, considerando en conjunto, es aquel que proporciona la capacidad necesaria para el movimiento de las aeronaves, pasajeros, mercancías y vehículos, junto con la máxima comodidad para los pasajeros, explotadores y el personal y con las menores inversiones de capital y gastos de explotación.

Es en extremo complejo el problema de la planeación de Aeropuertos, ya que las características de las instalaciones necesarias, pueden variar en período tan breve como lo es un día.

La preparación de pronósticos convenientes constituye un requisito previo para la creación de aeropuertos adecuados para el fin a que están destinados. Los pronósticos a largo plazo deberán prepararse teniendo en cuenta factores operacionales, técnicos y económicos, así como los planes de desarrollo regionales y su posible efecto en el transporte aéreo de la región.

Cuando los factores sociales e industriales parezcan te-

importancia, deberán, si es posible, tenerse en cuenta. El carácter del aeropuerto necesario se derivará del examen de los criterios nacionales en cuanto al emplazamiento y construcción del aeropuerto, así como un estudio detallado del tráfico a largo plazo en la región, tanto existentes como proyectado. -- Los factores que deberán analizarse en los pronósticos varían en el propósito y el emplazamiento de un determinado proyecto, y en relación con las condiciones locales.

Antes de que se puedan elaborar los planos para las instalaciones dedicadas a los muchos requisitos funcionales que tiene que satisfacer un aeropuerto, hay que considerar y comparar los conceptos para los diversos sistemas operacionales. En la fase más temprana posible, puede que algunos para sistemas individuales sean incompatibles, pero entre aquellos que sean compatibles, solamente podrá determinarse la mejor combinación -- cuando los planes individuales y el plan general se desarrollen paralelamente.

El plan general de un aeropuerto deberá ser el marco más eficaz, dentro del cual cada una de las instalaciones pueda -- realizar sus funciones respectivas con los mayores niveles posibles de eficiencia. No siempre resulta 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 modificaciones para que resulten compatibles en

tre sí. A menudo esto significa cierta pérdida de perfección - en cada uno de los planes individuales, pero una buena planeación permitirá obtener un equilibrio óptimo, de forma que se - obtenga un plan total que sea más eficaz en su planeación, y - que por lo tanto, tenga una mayor capacidad y eficiencia de -- las que tendría si no hubiese una reconciliación entre los pla- nes de cada una de las instalaciones. Sin embargo, hay que te- ner cuidado que las soluciones de compromiso a que se llegue, - no afecten adversamente a la seguridad.

Un aeropuerto es una unidad de complejo funcionamiento, y la interacción de todas las partes y su efecto en el aeropuer- to considerado, en conjunto, deberán examinarse al mismo tiem- po. Por lo tanto, el plan general del aeropuerto y la planea- ción de cada una de las instalaciones deberán avanzar simultá- neamente con verificaciones constantes para asegurarse de que- se logra en todo momento la máxima compatibilidad. Sin embargo, ciertas instalaciones tienen características más pronunciadas- que otras, y por lo tanto, ofrecen menos oportunidades de lle- gar a una solución conciliatoria en su planeación; son ejem- plos de ello, el emplazamiento y la orientación de las pistas, el emplazamiento de las radioayudas, el emplazamiento de la to rre de control, etc. Estos elementos deberán considerarse en - una etapa temprana del plan, porque en igualdad de condiciones serán probablemente las que más influirán en sus característi- cas principales.

* Los pronósticos económicos, operacionales y financieros - proporcionan la base general y las directrices para la elaboración del plan general del aeropuerto a los límites generales - específicos que pudieran venir indicados por los pronósticos - del tráfico y operacionales.

El ritmo a que se desarrolla la industria del transporte aéreo, hace posible el hacer pronosticar con auténtica precisión para más de unos cinco años y los pronósticos a plazo más largo casi siempre han pecado de errores considerables. Es imprescindible hacer pronósticos a largo plazo, pero su carácter impreciso deberá tenerse en cuenta si es que el plan general ha de proporcionar una flexibilidad que permita variar la escala, el ritmo y el carácter del desarrollo de acuerdo con las revisiones y actualización de los pronósticos, los cuales deberán llevarse a cabo en intervalos no mayores de dos o tres años.

Sin embargo, los aspectos económicos del emplazamiento -- tiene una gran importancia, por lo que debiera estudiarse cuidadosamente si los gastos del desarrollo más allá de importantes fases y emplazamientos no son ideales, y no todos ellos -- puedan desarrollarse hasta una capacidad final equivalente debido a limitaciones de índole financiera. Por lo tanto se trata de ampliar las instalaciones existentes, o de desarrollar - un emplazamiento totalmente nuevo. El objetivo consiste en pla

near cada emplazamiento para alcanzar su capacidad definitiva individual, sin permitir que el costo del desarrollo exceda de los beneficios obtenidos.

Ni el plan general del aeropuerto ni los planes de cada una de las instalaciones deberfan limitarse a capacidades o -- conceptos potenciales especificos, excepto los que pudieran de terminar el emplazamiento. Deberán evitar los trazados complicados relacionados con tráfico o tipo de aeronaves determina-- dos; deberán evitarse también los trazados complicados relacio-- nados cerrados; el plan general deberá proporcionar la integra-- ción más eficiente y flexible del espacio determinado por los-- límites naturales y económicos del emplazamiento.

No existen reglas de aplicación universal para relacionar el tamaño de áreas específicas de desarrollo con los volúmenes de la actividad de pasajeros, mercancías y aeronaves. No existe tampoco ningún sistema perfecto, que todas las autoridades-- aeroportuarias reconozcan como adecuado para determinar el em-- plazamiento de las zonas de pasajeros, mercancías y estaciona-- miento de aeronaves, en su relación entre sí, para obtener el-- plan general más eficiente. Por ello, la originalidad, la inv-- ventiva y la facultad creadora intervienen todos ellos en la -- labor del equipo planificador, durante la preparación del plan general del aeropuerto y en el planeamiento de cada una de las instalaciones.

Sin embargo, los planificadores deberán siempre recordar la verdadera finalidad a que se destinan los aeropuertos. Es fácil pensar solamente en los problemas que crean y en la multiplicidad de requisitos que deban cumplir; pero ¿Cuál es el fin primordial de un aeropuerto? Forma parte de un sistema para transportar personas y mercancías durante una parte importante de su viaje total entre el punto de origen y el de destino.

El aeropuerto no es un lugar donde se inician y finalizan viajes, separados realizados en diversas formas de transporte. El desarrollo del transporte aéreo a un sistema de transporte en masa, hace que sea esencial considerar el viaje total.

No se experimenta ninguna satisfacción en el viaje rápido, si se ve malogrado en el punto de partida y en el de destino - por demoras e inconvenientes; tampoco se puede conceder mérito alguno a las autoridades aeroportuarias y a los gobiernos que crean o toleran estas condiciones. No deben perseguirse el ingenio y la originalidad como fines en sí mismos, ni tampoco -- con el objeto y placer de crear algo diferente.

Estos elementos son herramientas útiles para solucionar - problemas muy diversos, pero el objetivo principal deberá ser siempre proporcionar el mejor servicio posible al usuario. No debe confundirse "el mejor servicio posible" con la extravagan

cia y el lujo, sino que debiera medirse en función a la comodidad, amenidad y costos generales, no solamente el costo directo para los pasajeros, consignatorios y explotadores de aeronaves, sino el costo general y la utilidad del aeropuerto para la vida económica de la colectividad.

CAPITULO II

. TOPOGRAFIA

2.1 RECONOCIMIENTO DE LA LOCALIZACION DEL AEROPUERTO

Antes de fijar puntos de localización de un aeropuerto se deben reunir algunos puntos básicos. Estos son mapas topográficos, fotografías aéreas para reconocer relieves y cultivos, -- análisis de suelos y planes generales de desarrollo del área.

Se debe contar también con datos de vientos y clima, así como información meteorológica de por lo menos cinco años.

Con respecto al área, ésta debe ser provista de tal manera, que puede dar cabida al tipo de aeropuerto requerido y orientado por los vientos dominantes. Esta área estará determinada -- por la longitud y configuraciones de pista y por las necesidades del área terminal.

Además debe de garantizarse la posibilidad de expansión -- cuidando que no debe estar cerca de la zona del aeropuerto; zonas residenciales o industriales, porque esto aumentaría el -- costo de ampliación del aeropuerto. Esto puede realizarse zonificando para evitar el crecimiento incontrolado de zonas industriales o residenciales.

Los terrenos deben ser relativamente planos para evitar -- costos altos de nivelación. Los terrenos elevados son más recomendables a los terrenos bajos, porque normalmente están li--

bres de obstrucciones en las zonas de aproximación, están menos sujetos a neblinas y a concurrencias de vientos erráticos y su facilidad para ser drenados es más alta.

Los vuelos deben estudiarse y evaluarse por su efecto en la nivelación, drenaje y pavimentos. El tipo de naturaleza del suelo influye de manera importante en el costo de construcción. De manera ideal el sitio debe ser terreno despejado, debe poder drenarse fácilmente y su suelo deberá componerse principalmente de grava y arena para que ofrezca una satisfactoria cimentación para el pavimento de pistas para evitar sub-bases excesivamente gruesas y costosos sistemas de drenaje.

Así también deben investigarse las características del drenaje del lugar para así poder diagnosticar la posibilidad de inundaciones y detectar altos niveles freáticos. Los más ideales es que exista drenaje natural. Debe así mismo, calificar se la capacidad de desalojar las aguas pluviales.

Las zonas de aproximación deberán estar lo más libres de obstáculos como montañas, colinas, edificios, torres, líneas de transmisión, etc.

2.2 TRAZO Y NIVELACION

Después de haber hecho los estudios de reconocimiento, se procede a efectuar el trazo del lugar elegido; esta sería una operación preliminar, la cual puede hacerse en el campo utilizando brújula, balizas, etc., teniendo la longitud de pista, orientación, diseño de los taxeos, etc., se sitúa en primer lugar, el eje de la pista o pistas que se vayan a construir. Se estaca a cada 20 cm. en seguida se tomarán secciones transversales en cada estaca, de tal manera que podamos tener curvas de nivel en toda el área del aeropuerto y como consecuencia, se puede estudiar el sistema de drenaje que viene a ser un factor importante de la construcción y conservación de las obras. Algunas veces se puede dar el caso de que al trazar el eje de una pista se encuentren obstáculos en los enfilamientos, de tal manera que se encuentran dentro de los límites de las especificaciones; en tal caso es preciso analizar la posibilidad de variar un poco la orientación de la pista.

Con estos datos será aún de gran facilidad obtener un plano con curvas de nivel que abarquen en toda su extensión los terrenos en los que se localiza el aeropuerto; así también, el plano elaborado permitirá estudiar curvas masa, y como consecuencia, formular un presupuesto global.

2.3 SITUACION DEL AEROPUERTO CON RESPECTO AL CENTRO URBANO

El estudio de la situación del aeropuerto con respecto al centro urbano involucra dos puntos principales:

- a) Su distancia del mismo y
- b) su orientación con respecto a él.

Con relación a la distancia del aeropuerto del centro urbano, hay que tener en cuenta que ello se refiere no a la distancia material que los separa, sino más bien desde el punto de vista del tiempo invertido en recorrer la separación geográfica, puesto que un buen sistema de vías de comunicación puede transformar un aeropuerto lejano, desde el punto de vista de la situación geográfica, en un aeropuerto más cercano que otro que se encuentre a menor distancia material del centro urbano, pero que tenga malas comunicaciones con el mismo.

Se considera que el tiempo que debe perder un pasajero aéreo debe ser, como máximo, de un 30% de la duración total del mismo, contando con las pérdidas, el tiempo perdido en el despacho de boletos en el caso de los aeropuertos nacionales, pero en el de los aeropuertos internacionales, hay que agregar a los tiempos anteriores aquellos correspondientes a pérdidas en cambio de moneda, sanidad, migración, aduanas, etc.

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

Tomando en cuenta lo anterior, en Europa se considera que una distancia de 15 minutos del centro urbano al aeropuerto es más o menos adecuada, mientras que en los Estados Unidos de -- América se aceptan treinta minutos de recorrido; es necesario tratar de evitar que el aeropuerto quede localizado de tal modo que los vientos dominantes soplen de las zonas industriales hacia el mismo, ya que ello sería causa de la formación de nieblas y humos sobre el aeropuerto haciendo dificultosa la utilización del mismo.

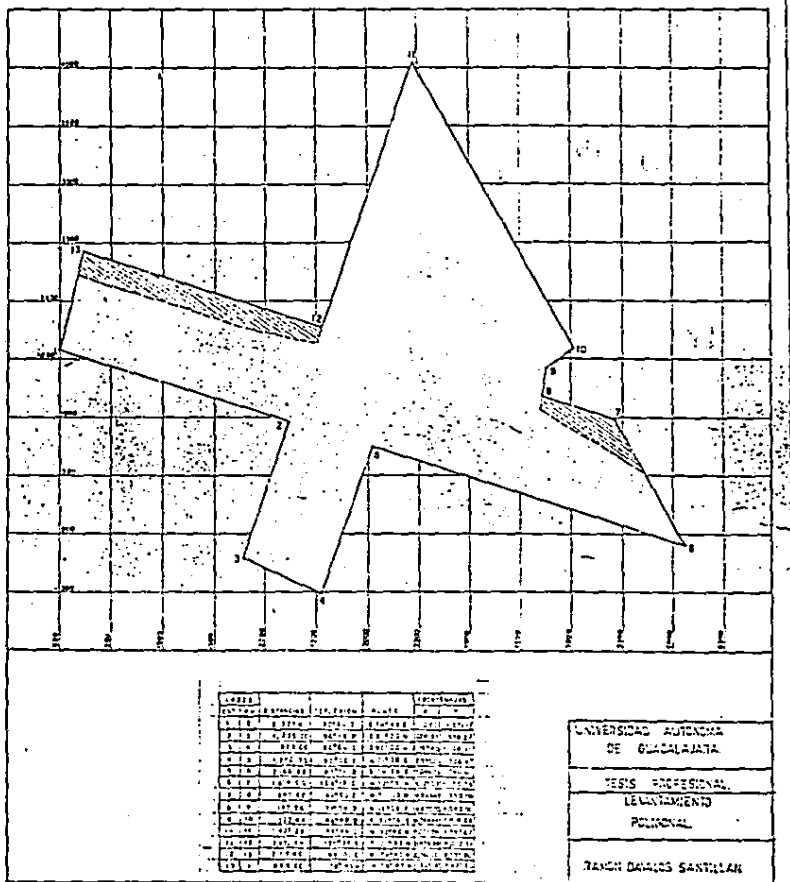
En el caso particular del terreno que alojará la pista corresponde a una barra limitada por la pista 10-28 y por el lado del acceso alfa tiene dicha barra un aumento de 500 mts.

En algunos lugares la pendiente longitudinal que se observa en este lugar es muy suave.

La zona de aproches es demasiado amplia; es utilizada tanto para despejes como para aterrizajes de aviones.

Estos aproches no tienen ningún obstáculo considerable. - Es un lugar accesible distante a 17 km. de Guadalajara y con - excelentes servicios de comunicaciones, linda con la carretera Guadalajara-Chapala.

El único inconveniente es que en tiempos de frios el terreno está saturado de humedad y por su cercanía a bordos y -- presas se presentan neblinas que entorpecen los aterrizajes.



CARRERA	SEMESTRE	ASIGNATURA	NOTA	REQUISITOS
INGENIERIA EN SISTEMAS DE COMPUTACION	1	ALGEBRA	8.5	
	1	CALCULO DIFERENCIAL	8.5	
	1	COMPUTACION I	8.5	
	1	INGLES I	8.5	
	1	LOGICA	8.5	
	1	MATEMATICAS DISCRETAS	8.5	
	1	PROBABILIDAD Y ESTADISTICA	8.5	
	1	REDES DE COMPUTACION	8.5	
	1	SEGURIDAD EN SISTEMAS DE COMPUTACION	8.5	
	1	SISTEMAS OPERATIVOS	8.5	
	1	TEORIA DE GRAFOS	8.5	
	1	TEORIA DE NUMEROS	8.5	
	1	TEORIA DE CONJUNTOS	8.5	
	1	TEORIA DE LA COMPUTACION	8.5	
	1	TEORIA DE LA INFORMACION	8.5	
	1	TEORIA DE LA COMPLEJIDAD	8.5	
	1	TEORIA DE LA COMPUTACION II	8.5	
	1	TEORIA DE LA COMPUTACION III	8.5	
	1	TEORIA DE LA COMPUTACION IV	8.5	
	1	TEORIA DE LA COMPUTACION V	8.5	
	1	TEORIA DE LA COMPUTACION VI	8.5	
	1	TEORIA DE LA COMPUTACION VII	8.5	
	1	TEORIA DE LA COMPUTACION VIII	8.5	
	1	TEORIA DE LA COMPUTACION IX	8.5	
	1	TEORIA DE LA COMPUTACION X	8.5	

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE GUATEMALA

TESIS PROFESIONAL
LEONARDO
POLIGNO

TAMER DARIUS SANTILLAN

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SUCUMALAPA

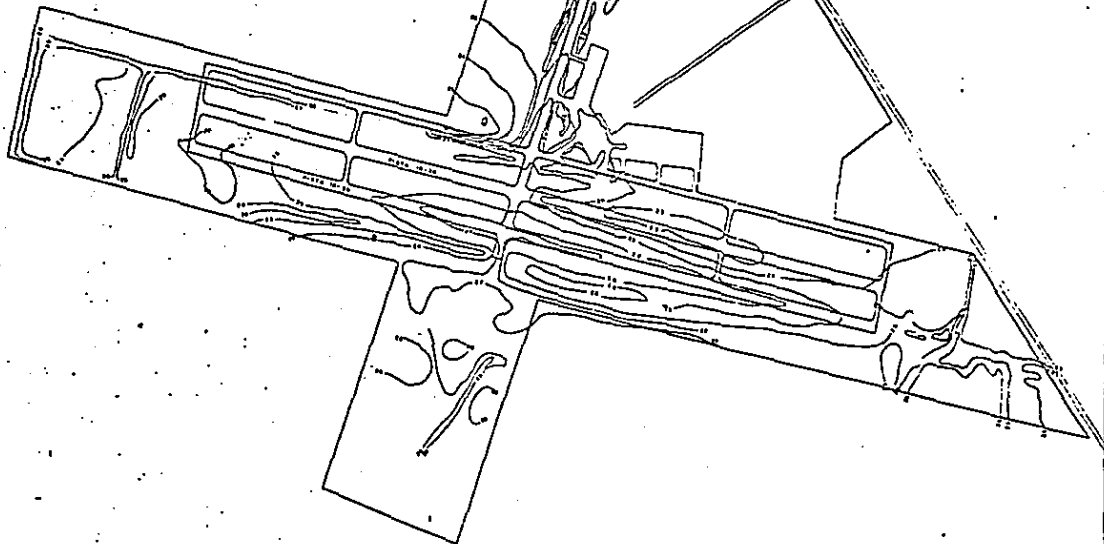
IES'S PROFESIONAL

ICPOTRAFIA

CURTAS DE NIVEL

RAMON DOMINGO SANTILLAN

31



CAPITULO III
ESTUDIO GEOLOGICO

Informe de Terracerfas

Composición	Granulométrica	
pasa Malla	3/8"	--- 100
	4	--- 100
	10	--- 93
	20	--- 86
	40	--- 75
	60	--- 65
	100	--- 57
	200	--- 50
Límites de Atterberg		
Límite líquido		39
Límite plástico		21
Índice plástico		18
Contracción lineal		9.5
Equivalente humedad de campo		27.97
Pesos volumétricos		
Peso volumétrico suelto seco		1040
Peso volumétrico máximo Proctor		1360
Humedad óptima		29
Por ciento expansión		3.87
Resistencia al esfuerzo cortante		
Valor cementante		26.2
Valor relativo de soporte (Standard) por ciento		12

Informe de Ensaye de Material de Base

Material para base		
Peso volumétrico suelto kg/m^3		1268
Peso volumétrico máximo		1825
Humedad óptima		11.61
% que pasa la malla:	3"	100
	2"	100
	1 ½"	90
	1"	78
	¾"	63
	⅜"	43
	4"	33
	No. 10	28
	" 20	24
	" 40	19
	" 60	13
	" 100	8
	" 200	5
% de desperdicio en la muestra		0
V.R.S. Estándar %		82
% de expansión		0
Valor cementante		12
Límite líquido		30.5
Límite plástico		24.48
Índice plástico		6.02

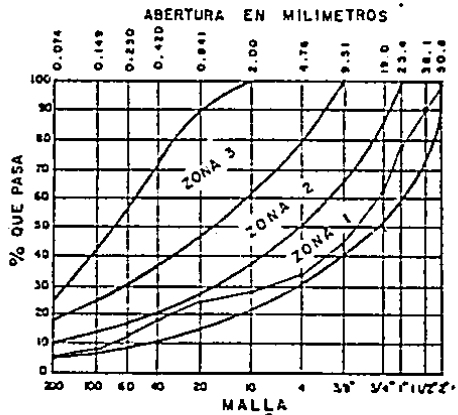
Equiv. humedad de campo

26.5

Contracción lineal

2.5

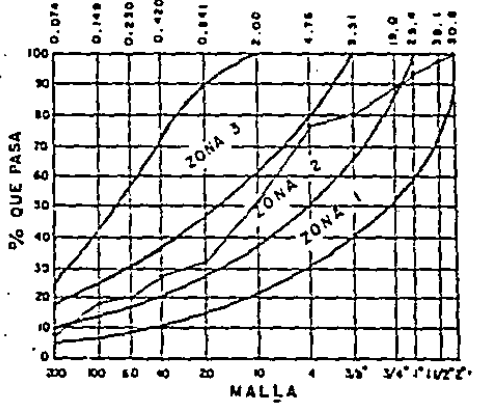
ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS
 PARA MATERIALES DE SUBBASE Y BASE



Informe de Ensaye de materiales de Sub-Base

Material para sub-base.		
Peso volumétrico suelto kg/m^3		1295
Peso volumétrico máximo		1850
; humedad óptima		
% que pasa la malla	3"	100
	2"	100
	1½"	98
	1"	95
	¾"	89
	⅜"	80
	4"	67
	No. 10	51
	" 20	33
	" 40	28
	" 60	20
	" 100	18
	" 200	8
% de desperdicio en la muestra		0
V.R.S. (standard)%		55
% de expansión		0
Valor cementante		15
Absorción		2.1
Densidad		2.47
Límite líquido		31
Límite plástico		24.98
Índice plástico		6.02
Equiv. humedad de campo		21.97
Contracción lineal		5.2

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS
PARA MATERIALES DE SUBBASE Y BASE
ABERTURA EN MILIMETROS



4.1 REALIZACION DE SONDEOS (PISTA 10-25)

El espesor de la capa arcillosa varfa entre 30 y 40 cm. incluyendo la capa vegetal, las caracterfsticas de la arcilla indican que no es conveniente utilizar dicho material como apoyo - de pavimentos, como se puede juzgar en los datos que se presentan a continuación, que resume las propiedades medias de este material.

a) Lfmite lfsquido	53%
b) Indice plástico	36%
c) Contracción lineal	15%
d) Humedad natural	39%
e) VRS Estándar	6%
f) Expansión	4%
g) VRS en estado inalterado	4%

Al material anterior subyase la formación de arena limosa de alta o baja plasticidad, cuyas caracterfsticas promedio son las siguientes:

a) Lfmite lfsquido	29%
b) Indice plástico	4%
c) Contenido de crema	5%
d) Arena	62%
e) Finos	38%
f) Contracción lineal	2%

g)	Humedad natural	26%
h)	Equivalente de arena	15%
i)	VRS Estándar	48%
j)	Expansión	8%

El terreno en el cual se propone la nueva pista, geológicamente se puede clasificar su capa superior de arena; en el examen ocular del mismo, se observan profundas grietas producidas por los cambios de humedad y temperatura, de ahí que deduzcamos que el terreno presenta bastantes cambios de volumen, -- con las lluvias desaparecen las grietas y se enloda la capa superficial presentando una apariencia tersa, pero al pasar -- las lluvias y bajo los efectos del sol, empieza a cuartearse -- el terreno en forma de polígonos, los cuales se enconchan y a la vez sufren cuarteaduras más pequeñas; esto demuestra a simple vista que el terreno existente o el suelo por cimentación para terracerías es muy sensible a los cambios de humedad.

Para corroborar las observaciones oculares se procedió a tomar muestras del terreno en diversos lugares y varias profundidades para analizarlas en el laboratorio y de ahí obtener -- los procedimientos de construcción adecuados para la realización de la pista siendo los resultados desfavorables.

La granulometría del terreno es mala, su valor relativo de soporte, el porcentaje de expansión y la contracción lineal demasiado altos, lo cual trae como consecuencia que dicho te--

reno sea utilizable para terracería.

Para conocer los materiales que existen en el sitio en -- las diversas capas de la corteza terrestre, se verificaron sondeos, a todo lo largo del eje de la pista propuesta encontrando profundidades variables de materiales.

El perfil geológico del terreno, mostrando la profundidad del manto de arena pumítica, está delineado en el perfil de la pista que se encuentra incluida en este estudio. De los datos anteriores, se desprende que, de los materiales cortados al -- tratar la subrasante de la pista, no servirá para compensar -- los terrenos, sino que deberán ser retirados del aeropuerto y sustituirlos por material producto del banco número 1 y número 2.

3.2 BANCOS DE MATERIALES

Atendiendo las condiciones geológicas de la zona y definiendo el grado de utilidad de los materiales de bancos para formar la estructura de los pavimentos, a continuación se indican las principales características de su uso.

1. Banco de Aeropuerto:

Localización: a 400 mts. der. de pista 02-20.

Clasificación: arena pumítica (jal) compacta poco húmeda.

Utilización: Cuerpos de terraplén y capa sub-rasante.

Volumen aprovechable: 140,000 m³ explotar en una área de
700 x 100 m. con un espesor de 2.0 m.

Despalme: 30 cms.

Tratamiento: Ninguno

2. Banco:

Localización: a 250 mts. der. de la pista 02-20

Clasificación: Arena pumftica (jal) cementada, poco húmeda.

Utilización: Cuerpos de terraplén y capa sub-rasante, fi--
nos para hidráulica y concreto asfáltico.

Tratamiento: Mezcla aproximada en volumen 20% banco I, con
80% banco 4.

3. Banco:

Localización: a 260 mts. izquierda del rodaje alfa.

Clasificación: Arena pumftica (jal), cementada poco húmeda.

Utilización: Cuerpo de terraplén y capa subrasante.

4. Banco las pintitas:

Localización: 9 km. desviación derecha de la carretera Gua
dalajara-Chapala.

Clasificación: Roca basáltica, zona fracturada.

Utilización: Base hidráulica y concreto asfáltico para --
base y carpeta asfáltica.

Volumen aprovechable: 280,000 m³ explotando en un área --
de 260 x 60 m. con un espesor de 18m.

Despalme: 30 cms.

Tratamiento: Trituración total y cribado a tamaño de 1½ -
(38mm) para base hidráulica y base asfáltica.
Trituración total y cribado a tamaño máximo-
de 3/4 (19mm) para carpeta asfáltica.

Distancia media: 10 km.

5. Banco La Mesita:

Localización: 4 km. carretera Guadalajara - Chapala a 200
x m. desviación derecho.

Clasificación: Roca basáltica fracturada.

Utilización: Base hidráulica y concreto asfáltico para ba
se y carpeta asfáltica.

Volumen aprovechable: 150,000 m³ explotando en un área de
200 x 50 m. con espesor de 15m.

Despalme: 30 cms.

Tratamiento: Trituración total y cribado a tamaño de 1½ -
(38mm) para base hidráulica y base asfáltica.
Trituración total y cribado a tamaño máximo-
de 3/4 (19mm) para carpeta. Mezcla aproxima-
da en volumen 80% banco 3, 20% banco 1.

6. Banco Las Juntas:

Localización: A 1000 mts. desviación derecha del camino -

[Guadalajara - Chapala.

Clasificación: Roca basáltica, zona fracturada.

Utilización: Base hidráulica y concreto asfáltico para ba
se y carpeta asfáltica.

Tratamiento: Trituración y cribado a tamaño de 1 1/2 (38mm)
para base hidráulica y base asfáltica. Tritu-
ración total y cribado a tamaño máximo de 3/4
(19mm) para carpeta asfáltica. Mezcla aproxi-
madamente en volumen 80% banco 6, con 20% ban-
co 1.

CAPITULO IV

DISEÑO

4.1 Longitud de pista

Las aeropistas se pueden clasificar en:

Letra de Clave	Longitud básica escogida para la pista
A Transoceánico	Desde 2550 mts. en adelante.
B Transcontinental	Desde 2150 mts. hasta 2550 mts. (exclusiva)
C Internacional	Desde 1800 mts. hasta 2150 mts. (exclusiva)
D Local	Desde 1500 mts. hasta 1800 mts. (exclusiva).
E Local	Desde 1280 mts. hasta 1500 mts. (exclusiva).
F Local	Desde 1080 mts. hasta 1280 mts. (exclusiva).
G Local	Desde 900 mts. hasta 1080 mts. (exclusiva).

Pudiendo dar por consiguiente las longitudes básicas. Se llama longitud básica de la aeropista a la necesaria para las operaciones de la aeronave a que se destina, en un sitio horizontal, al nivel del mar, en condiciones atmosféricas tipo y con viento en calma.

La atmofsférica tipo es aquella en que el aire es un gas-

perfecto, seco, a 15°C de temperatura al nivel del mar, con una presión equivalente a 760 mm. de columna de mercurio al nivel del mar hasta la altura en que la temperatura baja a 56°C de menos de sesenta y cinco diezmilésimos de grado centígrado (-0.0065°C) por metro.

La longitud real de una aeropista se obtendrá corrigiendo la longitud básica, de la tabla que sigue, por elevación, temperatura y pendiente como se indica:

- a) La longitud básica de una aeropista se aumentará en razón de 0.23% de su longitud, por cada metro de elevación sobre el nivel del mar que tenga el lugar de ubicación de la pista.
- b) La longitud obtenida con la corrección por elevación anterior, se aumentará en uno por ciento (1%) por cada grado centígrado que la temperatura de referencia exceda a la temperatura tipo que corresponda a la elevación de la aeropista. La temperatura de referencia se obtiene como sigue:

$$T_0 = \frac{T_1 + T_2 - T_1}{3}$$

T_0 = Temperatura de referencia del aeropuerto.

T_1 = Temperatura media del mes más caluroso.

T_2 = Temperatura media mensual de la temperatura diaria máxima del mismo mes.

- c) A esta última distancia se le aumenta un 6% por cada 1% de pendiente longitudinal.

Elevación sobre el nivel del mar: 1526 msnm.

Temperatura media del mes más caluroso: 30°C

Temperatura máxima del mes más caluroso: 39°C

Peso máximo de despegue: 302 tm.

Teniendo en cuenta que el aeropuerto Miguel Hidalgo es de carácter internacional, tomaremos como longitud básica de pista 2150 m.

Correcciones a la longitud básica de pista:

- a) Por elevación

$$0.00023 \times 1526 = 0.35$$

$$L_1 = 2150 \times 1.35 = 2902.50$$

- b) Por temperatura:

$$T_0 = \frac{T_1 + T_2 - T_1}{3} = 30 + \frac{(39 - 30)}{3} = 33$$

Temperatura tipo = 5°C

Diferencia = 33 - 5 = 28

$$28 \times 0.01 = 0.28$$

$$L_2 = 2902.50 \times 1.28 = 3715.20$$

$$\text{Pendiente de la aeropista} = \frac{2.70}{3715.20} \times 100 = 0.073$$

Aumentar 0.01 la longitud de la pista, ya que por especificación debe incrementarse en un 6% por cada 1% de pendiente-longitudinal.

$$3715.20 \times 1.01 = 3752.35$$

siendo la longitud real de 4000 m.

Temperaturas tipo	
Altitud en metros	Temperatura
-305	17°C
-152	16
0	15
+152	14
305	13
457	12
610	11
762	10
914	9
1067	8
1219	7
1372	6
1524	5
1676	4
1829	3
1981	2
2134	1
2286	-0.1
2438	-1
2591	-1.8
2743	-2.8
2896	-3.8
3048	-4.8
3200	-5.8

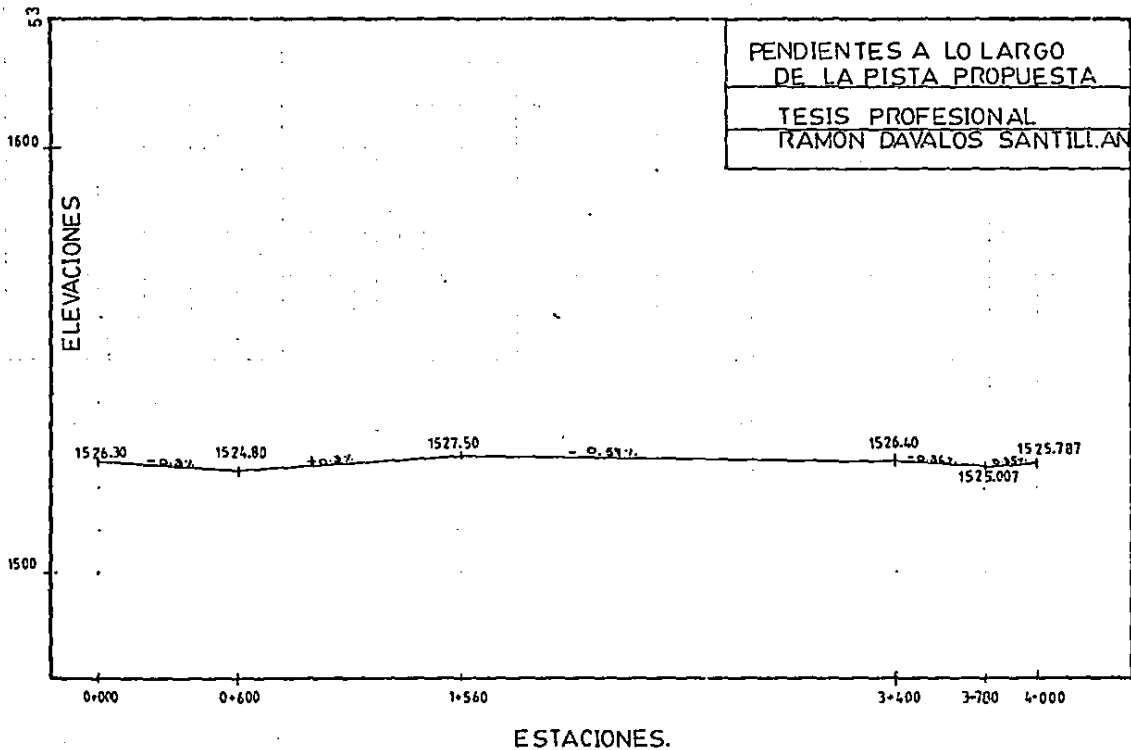
Proyecto Geométrico

La transición de una pendiente a otra deberá efectuarse - por medio de una superficie curva con un grado de variación -- que no exceda del 0.1% por cada 30 mts. (radio mínimo de curva tura de 30,000 mts). Cuando no pueden evitarse los cambios de pendiente. estos deberán ser tales que desde cualquier punto - situado a 3 mts. sobre la pista, no se obstruya la visibilidad respecto a todos los demás puntos situados a 3 mts. sobre la - pista dentro de una distancia igual, por lo menos, a la mitad de la longitud de la pista. En todo caso; la distancia mínima entre dos cambios de pendiente sucesivos no debiera ser menor de 45 mts.

La pendiente transversal para la pista en nuestro caso, - deberá estar dispuesta de manera que no pueda acumularse agua en la superficie; pero no debiera exceder del 1.5%.

En el plano perfil de la pista 10-28 proyecto se hace notar que se respetaron todo este tipo de recomendaciones, proyectando las pendientes y aprovechando la rasante del rasante natural que va de este a oeste.

Como puede verse las pendientes logran los requisitos de diseño; así también, la elevación en la cabecera 0+000 es de - 1526.3 y en la cabecera 4+000 es de 1525.787 dándonos un desnivel de 0.513 y una pendiente general de 0.012%.



PENDIENTES A LO LARGO
DE LA PISTA PROPUESTA

TESIS PROFESIONAL

RAMÓN DAVALOS SANTILLAN

Proyecto 10000

CARACTERISTICAS DE LAS AEROPISTAS

Aeropuerto tipo:	A	B	C	D	E	F	G	H
Aeropista tipo:	A	B	C	D	E	F	G	H
Longitud básica de aeropista en metros	2551 o más	2151 a 2550	1801 a 2150	1501 a 1800	1281 a 1500	1081 a 1280	901 a 1080	Hasta 900
Ancho mínimo de la aeropista pavimentada (m)	60 (para operación por instrum.) 50 (para operaciones)							
Ancho mínimo de la franja, en metros	300 (para operaciones con instrumento), 150 (para operaciones por contacto visual).							No.
Longitud de la franja de aeropista	sesenta metros más allá de cada extremo de la aeropista ya corregida como se indica más adelante.							No.
Pendiente máxima longitudinal de la aeropista (%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	No.
Pendiente máxima longitudinal de la franja, %	1.75	1.75	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	No.
Pendiente máxima transversal de la aeropista, (%)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	No.
Pendiente máxima transversal hasta 75 m del eje de la franja	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	No.
Pendiente máxima transversal a más de 75 m, del eje de la pista	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	No.
Distancia mínima entre ejes de aeropistas, metros	710	210	210	150	150	100	100	No.
Porcentaje de vientos, incluyendo calmas, durante los cuales las aeropistas pueden usarse con seguridad	95	95	95	90	90	80	75	70
Distancia mínima entre los ejes de las aeropistas y los edificios del aeropuerto	230 metros					-	-	-

CAPITULO V

CALCULO DE ESPESOR DE PAVIMENTO

ESPESOR DE PAVIMENTO

Una vez mencionados los elementos que formarán la estructura del pavimento, procedo a calcular los espesores de los mismos.

Método de la S.O.P. Este método es el utilizado en nuestro país para el diseño de espesores.

El método se basa en el V.R.S. modificado, y la carga por pierna correspondiente a la aeronave que operará en el aeropuerto; estos valores se han tabulado y vaciado en unas gráficas, las cuales están hechas de tal modo que fácilmente se pueda encontrar el espesor, pues se entra a ellas con los datos de V.R.S. de la terracería y la carga por pierna, ya sea rueda sencilla, doble. Una vez encontrado el espesor deberá afectarse, por unos factores de corrección atendiendo al tipo de operación que tendrá nuestro aeropuerto (limitado o ilimitada) -- con lo cual tendremos el espesor total de nuestro pavimento para la pista de aterrizaje; pero atendiendo a que se especifica que las cabeceras, calles de rodaje y las porciones de la pista en que el avión haga descansar su peso completamente, se deben afectar el coeficiente correspondiente y tendremos un espesor mayor en las zonas antes mencionadas.

Ahora bien, el espesor de nuestro pavimento será calcula-

do de acuerdo con el V.R.S. que reportan las pruebas directas; claro está, que esto trae como consecuencia diferentes espesores a todo lo largo de la pista, luego, si siguiéramos ese criterio sería sumamente complicada su construcción, por lo que se ha adoptado tomar el mayor espesor que co-responde al menor valor de V.R.S. de la terracerfa.

En nuestro proyecto tomando como valor mínimo V.R.S. = 5.0% entrando con este valor a la gráfica No. 5 encontramos que co-responde a un espesor de pavimento de 135 cms. que está formado de las siguientes capas:

Capa de mejoramiento de terracerfas	0.63 mts.
Capa de sub-base con un espesor de	0.45 mts.
Capa de Base con un espesor de	0.17 mts.
Carpeta con un espesor de	<u>0.10 mts.</u>
Espeor total:	1.35 mts.

Para fijar el espesor de cada una de las capas que forman el pavimento, se hizo de la siguiente manera:

Con el V.R.S. del terreno natural que es de 5% necesitamos un espesor total de 135 cms. que lo formarán: terracerfas-sub-base, base y carpeta.

¡ las terracerfas con un V.R.S. de 12% encontramos un espe-

sor de 72 cms. que restando a 135 cms. nos da 63 cms. el espesor real de las terracerfas.

La sub-base con un V.R.S. de 55.0% encontramos un espesor de 27 cms. que restando a 72 cms. nos da 45 cms. el espesor de la sub-base, por lo que sumando los espesores de las terracerfas y sub-base nos da 108 cms. restándonos 27 cms. previo cálculo de los espesores se fija el espesor de la carpeta de concreto asfáltico siendo de 10 cms. en las zonas críticas, por lo que el espesor de la base nos da de 17 cms.

Cálculo de espesor de pavimento

b) Carreteo:

Considerando que las cargas en esta zona de circulación de las aeronaves son de un carácter mayor, dado que la velocidad de éstas es considerablemente menor que la aeropista de despegue.

Tomando en cuenta estas circunstancias y de acuerdo con las especificaciones de aeropistas de O.A.C.I. se incrementará el espesor de cada capa en un 15%.

Capa de mejoramiento de terracerfas	(.63) (1.15) =	.72 cms.
Capa de sub-base con un espesor de	(.45) (1.15) =	.51
Capa de base con un espesor de	(.17) (1.15) =	.19
Carpeta con un espesor de	(1.10)(1.15) =	<u>.12</u>

1.54m.

75 10 35 60 35 10 75

CONCRETO
ASFALTICO (0,10)m

BASE (0,17m.)

(0,45)m. SUB BASE

TERRAJERA (0,83m)

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE GUADALAJARA.

TESIS PROFESIONAL.

ESPESOR DE PAVIMENTO.

RAMON DAVALOS SANTILLAN

Método del cuerpo de ingenieros del Ejército de los E.U.

Para calcular el espesor del pavimento, tomaremos la siguiente fórmula que emplea el cuerpo de ingenieros del ejército de los E. U. de un avión Boeing 747.

$$e = \frac{P}{8.1/VRS} - \frac{1}{p}$$

e = espesor total de pavimento
 P = peso total de la aeronave (kg)
 VRS = Valor relativo de soporte de la capa subrasante (en este caso 12%)
 p = presión de inflado de llantas (kg/m²) .

$$e = \frac{353,000}{8.1(12)} - \frac{1}{(13.01)}$$

$$e = 60.26 \text{ cm.}$$

Nos da un espesor, que es mucho menos a los 135 cm. calculados con las gráficas empíricas de dicho avión (Boeing 747), Tomando por razón lógica y de seguridad es espesor de 135 cm. calculados con anterioridad.

Se utilizan 5000 cubrimientos porque la capacidad del aeropuerto se considera en condiciones normales.

Tabla IX -5 (Ref.1)										
CARACTERÍSTICAS DE CARGA DE LAS AERONAVES USUALES										
TIPO DE AERONAVE	BOEING 747	DC - 8	BOEING 707	COMET	BOEING 727	DC - 9	DC - 6	DC - 4	DC - 3	
PESO MÁXIMO AL DESPEGUE (TON.)	382.9	182.4	132.5	75.3	79.3	92.2	40	33	12.2	
DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA (TON.)	HORIZ.	22.0	8.0	10.7	3.2	6.3	2.0	2.1	1.6	0.6
	TREN PRINCIPAL	330.0	154.4	101.8	70.3	72.2	49.3	43.9	31.6	11.6
PRESIÓN DE LAS LLANTAS kg/cm ²	1301	137	12.7	11.6	11.6	9.1	7.05	5.9	3.5	
ÁREA DE CONTACTO POR RUEDA (cm ²)	1585	1005	1396	749	1530	1354	1540	1427	1657	
GEOMETRÍA DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL (cm)	S	112	55	26	45	65	65	70	25	-----
	St	147	100	142	116	-----	-----	-----	-----	-----
ATENRIZAJE PRINCIPAL (cm)	L	55	52	52	39	34	51	16	52	56
	W	33	31	31	22.5	32.5	30	33	31	34
DISTRIBUCIÓN DE LAS LLANTAS										

CAPITULO VI

DRENAJE

6.1 DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje superficial, en carreteras y aeropistas está - destinado a captar y eliminar las aguas que corren sobre el te rreno natural o la estructura de un pavimento; aguas que proce den directamente de las lluvias, aunque a veces tiene un ori-- gen en inundaciones o corrientes pluviales.

En el área de un aeropuerto, uno de los factores principa les para obtener un buen drenaje de las aguas superficiales es relativo a las pendientes que se da a las secciones transversa les de las pistas y calles de rodaje y a los talúdes de los -- cortes y terraplenes de estas estructuras. Estas pendientes de penderán del tipo de suelo predominante y deberán estar diseña das para alojar de zonas de pistas el agua superficial y cana lizar dichas aguas a las zonas de captación.

Para este diseño es esencial un conocimiento de los dife-- rentes suelos que forman la estratigrafía del lugar, así como-- el tipo de materiales disponibles de banco de préstamo. Si el - sitio en que localizará un aeropuerto está compuesto de alta - permeabilidad, el factor a cuidar es la erosión del suelo por-- los escurrimientos del agua, por lo que las pendientes deberán ser cuidadosamente controladas en tal forma de impedir concen-- traciones del agua y velocidades fuertes de las mismas. Esto - es especialmente crítico, cuando los suelos están constitui--

dos por arenas finas y limos no plásticos.

Por lo demás estos tipos de suelos, por ser autodrenantes no se requiere por lo general un sistema extenso de drenaje su perfcial] o sub-drenaje.

6.2 DISEÑO DE LA OBRA DE DRENAJE

Por medio de un estudio topográfico, se determinó el área que drenarán, los drenajes paralelos a la pista; esta área es la que está influenciada por la pendiente del terreno natural en dirección a la pista, por lo cual, el agua pluvial que caiga sobre esta superficie deberá ser drenada inmediatamente tanto las pistas como las franjas de seguridad, tienen una ligera pendiente hacia los drenajes paralelos. El área determinada por este estudio es el orden de 2'375,980.00 metros cuadrados.

La precipitación máxima registrada fue en el año de 1976, en el mes de julio, el cual es del orden de 65 mm/hr. y la promedio de las máximas es de 50 mm. ya que la máxima precipitación se presenta muy rara vez.

Estas aguas serán drenadas por dos drenes paralelos uno a cada lado de la pista, y con iguales dimensiones, estos drenes tendrán que ir de separados de la pista, por lo menos 30 metros a cada lado de la pista, (Las franjas de seguridad).

Se determinó que la velocidad máxima del agua dentro del dren, no deberá ser mayor a 0.9 mt/seg. para evitar que se erosionen los taludes de los drenes.

El talud recomendado por los drenes es de 1:1, ya que los

taludes son de tierra, hay que evitar que estos se derrumben - por medio del talud recomendado.

Para acción de los drenes se determinó una profundidad de 2.00 metros, para ayudar a bajar el nivel de aguas freáticas - que se encuentran a 1.50 mts. de profundidad bajo el terreno - natural; no se puede dar más profundidad a los drenes, ya que el dren 'los lotes', que es donde descargarán los drenes paralelos, tiene una rasante de 50 cm. más abajo de la determinada para los drenes paralelos a la pista.

Con esta profundidad de 2.00 metros para los drenes paralelos se podrá drenar las aguas pluviales y a la vez, bajar el nivel de aguas freáticas.

Determinará el gasto que se tendrá que drenar, por medio del método racional:

Fórmula

$$Q = \frac{AIR}{3,600}$$

En donde:

A = área por drenar en mt.

I = coeficiente de permeabilidad

R = intensidad pluviométrica, en mm/hr.

Q = gasto en lt./seg.

No toda el agua que cae sobre esta superficie escurrirá - ya que una parte, se filtrará en el suelo, otra que se encharcará, y otras partes se evaporará, se determinó el coeficiente de permeabilidad (1) para suelos de tierra, jardines y praderas igual a 0.25, ya que toda el agua que caiga, aunque sea en la pista, tendrá que escurrir por la tierra, hasta llegar a -- los drenes paralelos.

Por lo tanto, el gasto se tendrá que drenar, será igual a:

$$Q = \frac{(2'375,980.0m^2) (0.25) (50mm/hr)}{3,600} = 8,249.9 \text{ lt/seg.}$$

Para lo cual se necesitará una sección mínima de:

$$A = \frac{8,249.9 \text{ m}^2/\text{seg.}}{0.9 \text{ mt/seg.}} = 9.16 \text{ mt}^2 \text{ cuadrados}$$

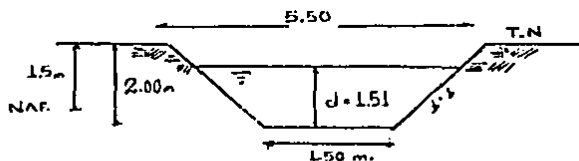
Como se van a hacer dos drenes paralelos, uno por cada lado de la pista, cada cual necesitará por lo menos un área de:

$$\text{Area por dren} = \frac{9.16}{2} = 4.58 \text{ metros cuadrados}$$

Diseño de la selección

Talud recomendado	1:1
Coefficiente de rugosidad n	$n = 0.025$
Profundidad	$h = 2.00$ metros
Plantilla	$b = 1.50$ metros (se determinó por tanteos).

Tipo de selección trapecial:



El área de la sección llena es igual a:

$$AA = \frac{5.5 + 1.5}{2} \times 2.0 = 7.00 \text{ metros cuadrados}$$

Cálculo de la pendiente por la fórmula de Manning.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Despejando la pendiente
(S) tenemos:

$$S = \left(\frac{n V}{R^{2/3}} \right)^2$$

Perímetro mojado $P = 2.13 + 1.50 + 2.13 = 5.76 \text{ m.}$

Radio hidráulico $R = \frac{4.58}{5.76} = 0.795 \text{ m.}$

Por lo tanto, para poder drenar estas aguas eficientemente, se necesita una pendiente de:

$$S = \left(\frac{0.025 \times 0.9}{(0.795)^{2/3}} \right)^2 = 0.000687$$

Datos hidráulicos del dren:

Gasto	Q = 8.2499 m ³ /seg.
Radio hidráulico	R = 0.795 m.
Perímetro mojado	P = 5.76 m.
Área necesaria	A _v = 4.58 m ²
Coefficiente de rugosidad	n = 0.025
Pendiente	S = 0.000687
Velocidad	v = 0.9 m/seg.
Plantilla	b = 1.50 m.
Altura total	h = 2.00 m.
Altura de agua	d = 1.51 m.
Longitud total de dren	L = 3,400.0 m.

No se tomó en cuenta el gasto que podrían proporcionar -- las aguas freáticas para el diseño, por no ser necesario, ya -- que la sección es bastante sobrada y no siempre trabajará con el gasto de sieño, además que el gasto que podrían proporcio-- nar las aguas freáticas, es relativamente chico, por lo que no afecta al gasto total que podría drenarse.

Solamente en tiempo de lluvias, los drenes trabajarán a más del 50% de su capacidad, aunque parezca que este sistema sea bastante costoso y no sea utilizado al 100% de su capacidad siempre, esta obra de drenaje es muy necesaria, ya que sin ella no sería operable la pista en tiempo de lluvias y como se sabe, en esta región la tercera parte del año es muy lluviosa.

CAPITULO VII

NORMAS Y ESPECIFICACIONES

7.1 NORMAS DE CONSTRUCCION

A) Terreno de Cimentación

En las zonas de rellenos y previamente al tendido de las terracerfas, deberá efectuarse la limpieza del terreno compactándose a continuación el terreno natural en sus 15 cm. superiores, hasta alcanzar un 90% del peso volumétrico seco máximo determinado en laboratorio.

En la zona de corte, deberá abrirse una caja con la profundidad necesaria para alojar la capa subrasante y el pavimento, compactándose el suelo de cimentación en un espesor de 15-cm., hasta alcanzar un 95% del peso volumétrico seco máximo.

B) Terracerfas

a) Cuerpo del Terraplén.- Para la formación de los cuerpos de los terraplenes, se utilizará material clasificado como arena pumftica (Ja1), compacta y con poca humedad, que para el particular se obtendrá del banco de material llamado aeropuerto I. Dichos materiales se colocarán en capas compactándose -- hasta alcanzar un 95% del peso volumétrico seco máximo.

b) Capa Subrasante.- En la formación de la subrasante, se

utilizará material del tipo de arena pumftica (jalO, cementada y con poca humedad; que para el particular se obtendrá del banco de material Aeropuerto II. Colocándolo en capas y compactándolo hasta alcanzar un grado mínimo del 100% del peso volumétrico seco máximo determinado por el laboratorio.

c) Bases

a) Base Hidráulica.- Se construirá con una muestra de material preparada de la siguiente manera:

El 80% de material en volumen será triturado y cribado y el 20% será material llamado arena pumftica (jal), compacto y poco húmedo; de manera que la mezcla de material tenga un tamaño máximo de 38 mm. (1.5") y que su curva granulométrica quede alojada en la parte media de la zona 1, que marca la parte octava de las especificaciones generales de construcción de la - S.C.T.

Dicho material debe compactarse con capas hasta alcanzar un grado que tendrá como mínimo el 100% del peso volumétrico - seco máximo definido por el laboratorio.

b) Base Asfáltica.- La base asfáltica deberá elaborarse - mediante el sistema de mezcla en planta, empleando material pétreo con tamaño máximo de 25.4 mm. (1") y cemento asfáltico --

No. 6. El cemento asfáltico entrará en la elaboración de la mezcla en una proporción aproximada de 90 kg/m^3 de material seco y compacto.

La mezcla asfáltica se compactará hasta alcanzar el 95% - respecto al peso volumétrico máximo obtenido mediante la prueba Marshall de proyecto, elaborando especímenes compactados -- con 75 golpes por cara, debiendo cumplirse los siguientes requisitos:

Estabilidad 700 kg. como mínimo.

Flujo de 3 a 4 mm.

Porcentaje de vacíos de 3 a 5%

Porcentaje de huecos ocupados por asfalto de 75 a 82%

En la elaboración de esta mezcla debe emplearse un aditivo del tipo RC-35 al 0.5% en peso, o algún aditivo similar.

D) Riegos

a) Riegos de impregnación.- Terminada la construcción de la base hidráulica, se procederá a aplicar un riego de impregnación, utilizando material asfáltico del tipo FM-1 a razón de 1.2 lt/m^2 , aproximadamente. De acuerdo con las características del material pétreo, para mejorar la adherencia, debe emplearse un aditivo del tipo Adiflex B o similar a razón de 1% en pe-

so del producto asfáltico de manera aproximada.

b) Riego de liga.- En donde se juzgue necesario, sobre la base hidráulica impregnada, así como en la superficie terminada de la base asfáltica, se dará un riego de liga utilizando producto asfáltico del tipo FR-3 a razón de 0.5 lt/m^2 , aproximadamente.

E) Carpeta

La carpeta de concreto asfáltico deberá elaborarse utilizando cemento asfáltico No. 6 y agregados pétreos con tamaño máximo de 19 mm. (3/4"). La dosificación aproximada del cemento asfáltico será de 100 kg/m^3 del material pétreo seco y compacto.

El grado mínimo de compactación que deberá exigirse en el concreto asfáltico, será del 95% respecto al peso volumétrico-máximo obtenido mediante la prueba Marshall de proyecto, elaborando especímenes compactados con 75 golpes por cara; debiendo cumplir los siguientes requisitos:

- Estabilidad de 700 kg. como mínimo
- Flujo de 2 a 4 mm.
- Porcentaje de vacíos de 3 a 5%
- Porcentaje de huecos ocupados por el asfalto de 75 a 82%.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

F) ACOTAMIENTOS

Estos elementos se construirán con material de base hidráulica, con un espesor compacto de 15 cm. una vez logrado 85% en el grado de compactación se aplicarán 2 ó 3 riegos sucesivos de producto asfáltico del tipo FM-1 a razón de 1.2 lt/m² aproximadamente. Dejando que se desarrolle una pérdida parcial del solvente, para finalmente terminar el proceso de compactación hasta alcanzar el 95% en el grado de compactación como mínimo.

G) FAJAS DE SEGURIDAD

Las fajas de seguridad colocadas sobre los taludes de los terraplenes, deberán protegerse en los 20 m. más próximos a los acotamientos, con una capa de 20 cm. de espesor con material del tipo de roca basáltica fracturada, debiendo compactarse al 95% de su peso volumétrico seco máximo; la capa se protegerá mediante un riego de impregnación con asfalto rebajado del tipo FM-1.

7.2 TOLERANCIA

La tolerancia de construcción a que se deberán ajustar -- los diferentes elementos del pavimento flexible se presentan a continuación:

a) Terracerías	Tolerancias
Niveles de la subrasante con respecto al proyecto.	± 3
Pendiente transversal con respecto a la de proyecto.	$\pm 0.5\%$
Profundidad de las depresiones observadas, determinadas, colocando una regla metálica de 5cm. en dirección paralela al eje de la pista y con espaciamientos en el sentido general no mayores de 5.0 mts.	1.5 cm.
b) Base	
Pendiente transversal con respecto a la de proyecto.	$\pm 0.25\%$
Profundidad máxima de las depresiones observadas, determi	

nadas colocando una regla metálica de 5 cm. en dirección paralela al eje de la pista y con espaciamentos en el sentido transversal no mayor de 2.0 mts.

1.0 cm.

c) Espesores

En el 85% mínimo del número total de espesores determinados.

$$e_r - 0.90e$$

En el 15% como máximo del número total de espesores determinados.

$$0.80 e_r - 0.90e$$

En el 5% máximo del número total de espesores determinados. Donde e_r es el espesor real y e el espesor del proyecto.

$$0.70 e_r - 0.80e$$

d) Carpeta

pendiente transversal con respecto a la del proyecto. Profundidad máxima de las depresiones observadas determi-

$$\pm 0.25\%$$

nadas colocando una regla metálica de 5 cm. en dirección paralela al eje de la pista y con -
espaciamientos en el sentido --
transversal no mayores de 2.0 m.

0.5 cm.

Espesores

En el 90% como mínimo del número
total de espesores determinados.

-0.5 cm.

En el 10% restantes del número -
total de espesores

e(-0.5 cm.)
(-1.0cm)

7.3 NORMAS AEROPORTUARIAS

La Federal Aviation Administration ha desarrollado normas para diseñar y construir aeropuertos. Mediante la observación de estas normas, cada aeropuerto local es compatible con otros aeropuertos y se adapta al sistema nacional de aeropuertos. - Aunque estas normas son aceptadas ampliamente, su empleo por comunidades locales no es obligatorio, a menos que existan fondos federales aplicados al desarrollo. Existe flexibilidad para permitir desviaciones de las normas cuando se justifiquen.

Las características físicas establecidas por las normas nacionales para áreas de aterrizaje están resumidas en la tabla 3.1; estos son requisitos mínimos que la FAA considera aceptables para una operación segura. Las normas están publicadas por la FAA en una serie de circulares de asesoramiento. Pueden obtenerse en las oficinas distritales de aeropuertos. Pueden obtenerse en las oficinas distritales de aeropuertos.

Una franja de aterrizaje es una franja nivelada, normalmente con césped. Una pista es una franja pavimentada localizada en una región central de la pista de aterrizaje y construida especialmente para despegues y aterrizajes. Un rodaje es una franja (usualmente pavimentada) que une una pista de aterrizaje con otra y con la plataforma de estacionamiento. Las pistas paralelas son dos pistas colocadas en la misma dirección.

a) Longitudes de pista

La pista es la parte más importante de un aeropuerto. Debe tener longitud y diseño adecuados para los aviones a los que da servicio.

Para determinar la longitud requerida en un lugar dado, -el ingeniero debe tener en cuenta las características de despegue y aterrizaje del aparato más crítico que se espera que haga uso regular del aeropuerto. Estas características deben estudiarse a la luz de la distancia que va a volar el aparato desde ese lugar, así como su elevación, pendiente y temperatura. La longitud escogida debe revisarse y validarse con toda escrupulosidad.

La FAA publica de tiempo en tiempo circulares de asesoramiento que proporcionan datos acerca de la eficiencia de los aviones, los cuales se agregan a los demás datos de ingeniería de aeropuertos. La longitud de pista que ofrece seguridad a los aviones ordinarios se basa en el aterrizaje y despegue considerando que se opera sobre alguna obstrucción. La longitud segura para pista de aviones de transporte en general se basa en los reglamentos federales de aviación; que especifica tres requisitos para transportes aéreos civiles, cada uno de los cuales debe satisfacerse:

1. La longitud de la pista debe ser suficiente para que el avión acelere hasta la velocidad de despegue y en caso de falla grave del motor, el avión pueda frenar y parar dentro de los límites de la pista (o franja útil de aterrizaje).
2. Si ocurre una falla grave del motor en el punto de velocidad de despegue, el aparato debe ser capaz de despegar -- con el motor o motores de vuelo. Los aparatos impulsados por motores recíprocos deben ser capaces de librar el extremo de la pista con una elevación de 15.24 mts. (50 pies) y los impulsados con turbina con una elevación de 10.7 mts. (35 pies).
3. En el aterrizaje, el avión debe librar el extremo de la pista a 15.24 mts. (50 pies) y tocar tierra y detenerse dentro del 60% de la longitud aprovechable de la pista.

Los datos sobre requisitos de pista publicados para aviones de transporte, generalmente, incluyen estos factores, de manera que no se necesita cálculo adicional, excepto por pendiente efectiva.

Los requisitos normales de aterrizaje de aparatos a chorro establecen longitudes de pista que son válidas sólo para condiciones instrumentales normales. Para el aterrizaje de ap

ratos a chorro con mínimos meteorológicos, la pista debe proporcionar una longitud de aterrizaje normal que la normal necesaria. En la mayoría de los casos, esta longitud adicional será menor que la longitud necesaria para el despegue.

La longitud necesaria es para las operaciones con instrumentos por abajo de un RVR (distancia visual de pista) de 732 mts (2.400 pies); y por abajo de 366 mts (1.200 pies) de RVR, - el equivalente a un techo de 30.04 mts. (100 pies) y visibilidad de 0.25 millas. Con ayudas visuales y electrónicas de aterrizaje más integradas, los mínimos meteorológicos pueden disminuirse. La meta última de las operaciones en cualquier condición meteorológica. La longitud corregida de aterrizaje debe verificarse contra la longitud necesaria para el despegue, con el fin de obtener la longitud adecuada si se prevén operaciones con bajo RVR.

En algún caso pueden disminuirse la longitud de pista, tomando en cuenta las áreas despejadas que pueden recibir crédito parcial como pista en el extremo de ésta, si están libres - de obstrucciones y son capaces de soportar el peso de las aeronaves. En general, debido al costo de estabilización del terreno, esta aplicación no es económica. Los umbrales de pista pueden desplazarse un claro libre mayor sobre las obstrucciones, pero puede darse crédito por el área desplazada para el despegue del otro lado de las obstrucciones y para aterrizajes por el lado opuesto.

Pendientes de pista. El funcionamiento del avión está influido por la pendiente de las pistas. Las pendientes hacia -- arriba aumentan la potencia necesaria para el despegue. Las -- distancias de frenado aumentan, en cambio, cuando la pendiente es hacia abajo. No sólo es la pendiente en cualquier punto de la pista, sino también la pendiente efectiva de la pista en general. Otros factores afectados por la pendiente son la distancia visual y las pendientes transversales en las áreas inclinadas.

Las pendientes longitudinales para aeropuertos comerciales no deben exceder del 1.50% en cualquier punto del perfil de la pista, pero puede permitirse un máximo de 2% en aeropuertos de uso general.

La longitud de pista determinada para el avión crítico a la elevación y temperatura media del lugar del aeropuerto todavía se incrementa en proporción del 20% por cada 1% de pendiente efectiva.

Son necesarias distancias visuales mínimas para permitir la operación visual segura de los aviones. En aeropuertos no controlados, los cambios de pendiente de pista deben ser tales, que debe haber una visibilidad no obstruida desde cualquier -- punto a 1.54 mts (5 pies) sobre el eje de la pista a cualquier otro punto a 1.54 mts. (5 pies) sobre la pista. Si el aeropuerto tiene una torre de control las 24 horas, el apego a las nor

mas sobre pendiente longitudinal de pista proporcionará una -- visualización adecuada.

Una área de seguridad nivelada de 61 mts (200 pies) de -- longitud es necesaria en cada extremo de la pista. Se necesita un área adicional de seguridad de 244 mts (800 pies), de la -- prolongación de la pista en aeropuertos comerciales. Esta área debe ser de 152 mts (500 pies) de ancho. El máximo cambio de - pendiente en el área de seguridad de la prolongación de la pis ta es de 3% por 30.48 mts (100 pies) y la pendiente máxima no debe exceder el 15%.

Las pendientes transversales en pista no deben exceder el 1.5%. Los acotamientos sin pavimentar pueden tener una pendien te más pronunciada para mejorar el despegue. Los primeros 3 -- mts (10 pies) de acotamiento, adyacentes al pavimento, puede-- tener una pendiente del 5% y la pendiente transversal puede -- ser del 2% pasando esta distancia de 3 mts (10 pies). Para ae- ropuertos de uso general y aeropuertos con menos de 976 mts. - (3200 pies) la pendiente transversal puede aumentarse a 3%.

Los acotamientos inclinados deben construirse de 1.5 pul- gadas bajo el borde del pavimento adyacente, para evitar que - el pasto forme un canal que detenga el agua en el borde del pa vimento.

2.4 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE PISTAS

Para materiales con peso seco máximo de 1,300 a 1,750 y - con índice plástico mayor de 20, debe investigarse con alguna posibilidad de mejoramiento del suelo con algún material, por ejemplo, arena, ya que acusará un material de compactación en la capa superior de terracería muy considerable. Siempre que - la última capa de 50 cms. llene los requisitos para este material y que por su composición granular no es posible determinar sus características físicas, deben considerarse como materiales buenos para la construcción de terracerías. Debe entenderse por suelo a la descomposición de rocas por procesos naturales, como intemperismo, descomposición de la vegetación y acción química.

Son materiales granulares los agregados tanto naturales - como arena y grava del río, o artificiales, tales como piedra triturada, de los cuales cuando menos el 65% se retiene en la malla número 200.

Cuando hablamos de la localización, se explicó que el terreno preferido debería ser sensiblemente plano. Por esta razón y según los estudios de drenaje, se determinará si conviene la construcción de cuencas laterales u otro sistema para desagotar las aguas pluviales; de cualquier manera, es fundamental que el área ocupada por el aeropuerto quede conformada lo-

más posible. De ahí que existe la conveniencia del empleo de -
escrepas tornapules; etc. máquinas que pueden efectuar la exca
vación conjuntamente con el acarreo. Es ventajoso el uso de es
te tipo de máquina en aeropuertos, dado que el trabajo es muy-
concentrado. Algunas veces se ha resuelto el problema de drena
je por medio de cunetas laterales y paralelas a la pista; para
este trabajo es aconsejable el uso de bulldozer, siempre y ---
cuando lo amerite.

Dada 'la anchura considerable en las pistas de aterrizaje,
se hace necesario la permanencia continua de un ingeniero topó
grafo, que controle constantemente los niveles del proyecto; -
pues ha constituido en toda la construcción del aeropuerto que
he observado, que todas las precauciones son pocas para dejar-
perfectas las pendientes que son la única forma de evitar en-
charcamientos funestos para la vida de los pavimentos.

Naturalmente que estos trabajos enunciados pueden efec---
tuarse con un número diverso de máquinas y aún de obreros; sin
embargo, se trata de dar los métodos más usuales y modernos.

Según el análisis de abundamiento de materiales, el críte
rio del Ingeniero supervisor, etc., después de checar debida--
mente los niveles, se procede a la COMPACTACION. Esta fase del
trabajo es una de las más delicadas, ya que es una donde debe-
de cumplirse con los métodos estudiados en el laboratorio. De-

acuerdo con el material. La compactación de terracerías se ha observado en la práctica que resulta ventajosa con el empleo de la pata de cabra, es decir, que esta máquina reproduce en el terreno analogía con la prueba "porter" de que se habló; o sea, que la compactación se lleva a cabo de abajo hacia arriba. Lógicamente no es posible en una tesis tratar todos los problemas relativos al tema, amén de que existen temas donde puedan consultarse estos problemas; por ello se hará reseña de los -- principales aspectos.

El laboratorio de campo nos da la humedad óptima, ya sea Proctor o Porter; dicha humedad es la que debe tener el material al compactarse, y el rendimiento de maquinaria dependerá del control que se lleve de esa humedad.

El sustentante opina que es difícil poder determinar el número de pasadas que un rodillo debe dar sobre una capa de material para alcanzar un determinado porcentaje de compactación, ya que es muy difícil lograr siempre la humedad adecuada, por la variación en el material, por la evaporación del agua, etc. Otro problema muy común en compactaciones, ya sea de terracería sub-base, o base, es el encarpetamiento. Es éste un fenómeno que se origina por falta de liga entre dos capas, debido al poco espesor de una capa en proceso de compactación. Esto se puede evitar prohibiendo el tendido de capas menores de 5 cms. de espesor; entonces se debe escarificar todo el área de recar

que o sea, roturarla con el arado de la misma motoconformadora a fin de establecer una liga entre la última capa y el recar--
gue.

Nunca debe dejarse de corregir este defecto; pues, la zona donde sucede quedará 'floja' de tal manera que a la larga,--
provocará seguro desperfecto en el pavimento.

Por observaciones oculares del tramo compactado cuando se crea necesario, la compactación se puede checar con la siguien
te forma:

Se hacen sondeos aproximadamente de 15 cms. x 15 cms. con profundidad de preferencia igual al espesor de la capa que se compacta, procurando que no tenga grietas. El material extraf--
do del sondeo se pesa y se determina su humedad. Luego los son
deos se llenan de arena graduada de preferencia de Ottawa, con peso volumétrico conocido. Antes de llenar el sondeo debe con
ocer el peso de un volumen de arena del que se necesita para --
llenar el sondeo, por diferencia de pesos entre el volumen pe--
sado inicialmente y el que sobre se tiene el peso de la arena--
que se necesitó para llenar el sondeo. Como conocemos el peso--
volumétrico de dicha arena, podemos determinar el volumen del--
sondeo ya con los datos de pesos, volumen y humedad del mate--
rial de sondeo, determinamos el peso volumétrico seco alcanza--
do por la compactación que dividido entre el peso máximo seco-

Proctor o Porter del material nos dará el porcentaje de compactación en el lugar del sondeo.

Una vez que las compactaciones han llenado los porcentajes exigido y que se han dado los niveles de proyecto con exactitud que el trabajo lo requiere, se procederá al tendido de material de base.

Todo esto siempre que los agregados sean menores de 3".

b) Bases

Con anterioridad se estudió el procedimiento para determinar el espesor de base, la que se construye con material que llamamos revestimiento. Este material es de empleo delicado, porque debe llenar rigurosamente las especificaciones dadas por el laboratorio.

Este material de base, simultáneamente a la localización del aeropuerto, se determina el lugar de extracción, ya que su extracción es de las operaciones de costos más elevados en esta clase de construcciones.

El laboratorio de campo determina si se encuentra dentro de lo estipulado, los espesores de despalme, etc., pudiendo co

nocer los costos de extracción o acarreos a las pistas o plata formas.

Dicho material de base está formado casi siempre por rocas de origen ígneo, siendo las mejores las más efusivas.

Realmente en toda construcción de pavimentos intervienen los llamados basaltos.

c) Carpeta flexible

Al quedar terminada la base se estará en condiciones de - construir la carpeta. Esta última capa, tiene por objeto, reci**bi**r todos los esfuerzos tendientes a desgastar las partes supe riores, ya sea por efectos de lluvias, vientos y esencialmente, por el tránsito de aviones en el caso de pistas de aterrizaje.

Para la construcción de carpetas, se han ensayado gran nú mero de materiales, según el uso. No obstante, en el medio - - constructivo han quedado en competencia dos tipos de ellos y - que se clasifican en rígidos y flexibles.

En las carpetas rígidas, el material que interviene en el concreto, el cual puede ser a su vez reforzado o simple.

Las carpetas flexibles se construyen en una mezcla de material de roca triturada o de rfo que llamamos pétreosaglutinados con materiales bituminosos de diversos tipos, todos ellos-derivados del petróleo y que llamamos asfalto.

Los primeros se denominan rígidos, porque no admiten deformaciones apreciables a la vista, sin que sufran fracturas;-en tanto que los flexibles pueden resistir una deformación - -apreciable sin que sufran agrietamientos.

Las causas por las que se usan dichas carpetas flexibles, obedecen a dos condiciones principales: una económica y otra - técnica.

La primera de ella, la determina el alto costo del concreto para la construcción de pavimentos rígidos, en relación con la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles.

Sobre este punto se ha disertado con frecuencia sobre los costos de conservación, pues desde el punto de vista técnico,- los pavimentos rígidos carecen de conservación, no siendo así- con los flexibles. Sin embargo, todas las conclusiones se encaminan a opinar que esto es posible únicamente cuando los pavimentos de tipo rígido se construyan en terrenos que por su naturaleza, tengan resistencias muy altas a fin de que la deformación de este suelo sea nula.

Ya decíamos anteriormente, que en la fabricación de las mezclas asfálticas intervienen como materiales, los asfaltos y materiales pétreos.

El asfalto es un componente material de muchos petróleos en los cuales se encuentra disuelto. Si los aceites solventes se remueven por evaporación o destilación del petróleo crudo el asfalto queda como residuo. Tales procesos tienen lugar en la naturaleza de asfalto, algunas veces prácticamente libres de materias extrañas y otras en las cuales se ha mezclado con cantidades variables de sustancias minerales o vegetales.

Los depósitos naturales que se presentan dentro de la estructura de rocas porosas, se conoce como 'rocas asfálticas'.

La mayor parte de asfalto que se produce y se usa es refinado del petróleo. El asfalto de refinado, se produce en una variedad de tipos y canalidades que varían desde sólidos, duros y quebradizos, hasta líquidos casi tan fluidos como el agua. La forma semi-sólida, conocida como cemento asfáltico, que es el más usado, es el material básico y puede considerarse como una combinación de asfalto duro y aceites no volátiles del petróleo. La destilación es el proceso principal para obtener asfalto del petróleo. Algunos tipos de los productos obtenidos por destilación directa.

Los productos asfálticos líquidos que muy pronto producen un alto poder cementante al usarse, se preparan disolviendo los cementos asfálticos en destilados volátiles del petróleo, o -- bien, emulsionando con agua.

7.5 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION EN PISTA

Se despalmará toda el área que comprenda terraplén, corte o canal.

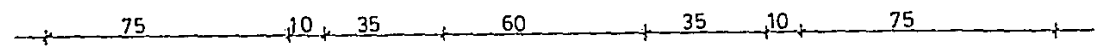
La arcilla de estrato superficial No. 1 que se encuentra bajo el área por pavimentar de la pista, deberá removerse todo el espesor, hasta descubrir el jal, del estrato completamente inferior. El producto de esta excavación deberá ser aprovechado en los terraplenes laterales a la zona por pavimentar.

El material producto de cortes en los extremos de la sección se usará también para la formación de los terraplenes laterales.

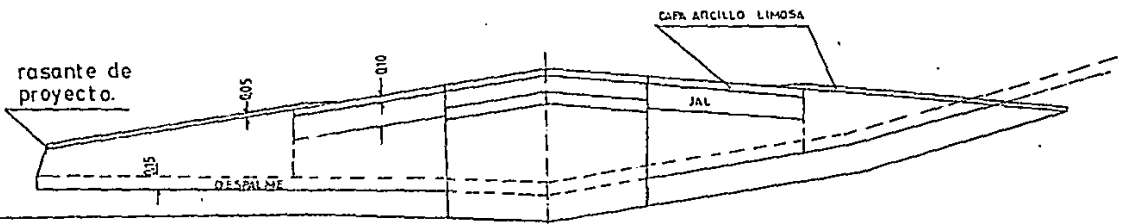
Todo el terraplén comprendido por la zona por pavimentar y encima del jal descubierto deberá construirse usando jal.

La zona de terraplén comprendido entre los 30 y 75 m. a cada lado a lo ancho de la pista y que limita con el pavimento deberá tener un mínimo de 30 cms. de espesor de jal cubiertos con 10 cms. de espesor de material arcillo-limoso procedente de los préstamos.

Sobre la rasante de proyecto de los 30 a los 150 m. habrá una capa de 5 cms. de espesor del material arcillo-limoso procedente del préstamo.



rasante de
proyecto.



UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE GUADALAJARA.

TESIS PROFESIONAL.

PROCEDIMIENTOS DE
CONSTRUCCION.

RAMON DAVALOS SANTILLAN

100

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Existe una tendencia, cada vez más pronunciada hacia el diseño y construcción de aviones más pesados dando por consiguiente la necesidad de construir pavimentos más resistentes. Este problema posiblemente sea mayor que el presentado al desarrollar el capítulo referente a las longitudes convenientes en pistas de aterrizaje.

Lo anterior tiene aplicación no solamente en el campo militar en donde las aeronaves han pasado a pesar los 200,000 -- kgs. de peso bruto, amenazando con esto, reducir la vida útil de los aeropuertos, tanto civiles como militares.

Los diseñadores de aeronaves han experimentado constantemente, tratando de encontrar nuevos tipos de trenes de aterrizaje con ruedas múltiples con el objeto de distribuir dichos pesos.

La presión de las llantas se ha incrementado en algunas aeronaves en servicio y algunas otras que están en proyecto, acercándose a los 17.5 kg/cm^2 con el objeto de diseñar ruedas más angostas que puedan caber dentro de las delgadas alas de las modernas aeronaves; dichas presiones concentran más la carga, y por lo tanto, se necesita una mayor resistencia en el pavimento.

Las normas civiles referentes a resistencias de los pavimentos para aeropuertos de primera categoría, se mantienen al margen del incremento en los esfuerzos de diseño, debido al menor peso bruto de los más grandes tipos de aviones comerciales, muchos de los cuales permanecen abajo de los 80,000 kgs.

Las especificaciones para Aeropuertos Internacionales de la C.A.A. son de 45,300 kg. para rueda simple aislada o de 56,500 kg. para ruedas dobles no dando especificaciones en cuanto a la separación de éstas. Dichas cargas se reducen abajo de los 6,800 kg. por rueda simple para aviones de servicio local.

La O.A.C.I. recomienda especificaciones comparables para rueda simple aislada, siendo la presión asumida no mayor de 9 kg/cm².

Para trabajos pesados los aeropuertos militares adoptan 45,000 kg. como la carga soportada por cada pata del tren de aterrizaje con rueda doble y con especificaciones tales como su espaciamento (95 cms.) y su área de contacto (1725 cms²).

Los pavimentos para trabajos ligeros, han sido diseñados para soportar cargas de 11,500 kg. por ruedas simples aisladas y con una presión en llantas de 14 kg/cm². Es probable que estas especificaciones sean incrementadas en vista de que las ag

ronaves actualmente en servicio han llegado ya a estos límites y que posiblemente sean excedidos en modelos venideros.

Las pruebas han demostrado que los valores máximos de las cargas que una aeronave puede transmitir al pavimento son aquellas que son impuestas cuando ésta se encuentra estacionada, - es decir, cuando dicha aeronave está totalmente cargada en la plataforma, calle de rodaje o la cabecera de la pista para despegar. Dicho de otro modo, las alas de una aeronave en movi---miento ejercen cierto grado de su tentación, dependiendo naturalmente de la velocidad, reduciendo con esto, las cargas impuestas al terreno.

La consideración anterior hasido tomada en cuenta para reducir los esfuerzos de diseño de pavimento en las zonas centrales de las pistas así como de aquellos tomados como base para diseño del pavimento de las cábeceras.

El procedimiento general de cálculo para el espesor de -- los pavimentos se apoya en el criterio anterior, pero hay que--tomar en cuenta que algunas aeronaves pueden detenerse frecuentemente en las zonas centrales de las pistas. Normalmente se - usa una reducción de un 10% a un 20% en los esfuerzos de dise--ño para esos tramos centrales de pistas, pero un factor muy importante que también debe tomarse en cuenta al hacer el proyec--to es que el número de cargas aplicadas a un pavimento es un -

factor de vital importancia en las fallas de éste.

Algunos aeropuertos se ven en la necesidad de limitar sus operaciones debido a la economía que se hizo al construir las pistas de aterrizaje, ya que éstas son continuamente solicitadas para acomodar aeronaves más grandes que las que se tomaron como base para calcular la longitud y espesor de las pistas.

Pavimento en Pistas de Circulación

Muchas de las observaciones presentadas anteriormente con respecto al uso de los tipos rígidos y flexibles de pavimentos usados en las pistas principales son aplicados en cierto modo a las pistas de circulación

Ninguna reducción a los esfuerzos de diseño es permisible ya que algunas aeronaves frecuentemente pueden detenerse en -- cualquier parte de estas pistas, las velocidades de taxeo son muy bajas para producir una sustentación aerodinámica apreciable y por consiguiente no existirá ninguna reducción al valor de las cargas impuestas al pavimento.

La frecuencia de las aplicaciones de carga, lo cual es un factor importante en las fallas del pavimento, es generalmente mayor en las pistas de circulación que en las pistas que operan con cierto tipo de aeronaves, las cuales al centrarse en -

las pistas durante el taxeo, causan continuas pasadas por un mismo sitio, lo que origina una alta frecuencia, de concentraciones de carga.

En las aeropistas militares han tenido grandes problemas a este respecto, sobre todo en aquellas bases que operan con aeronaves pesadas y equipadas con tren convencional. Las continuas pasadas impuestas al pavimento por ruedas fuertemente cargadas han producido serios desperfectos en los pavimentos flexibles particularmente en los meses más calurosos del año.

Al realizar el trabajo anterior, me he podido percatar, de la importancia que tiene en la realización de este tipo de proyectos, no sólo en el aspecto de ingenierías; sino también el de tomar en cuenta, las consecuencias sociales, económicas, políticas y técnicas.

A la par de la realización de la investigación se puede uno dar cuenta de la diversidad de detalles y problemas a resolver para poder dar marcha al proyecto.

Esta propuesta de ampliación del aeropuerto Miguel Hidalgo la hago con el fin de que en el futuro, que cada vez requiere de más necesidades como dije antes, de diversidad muy amplia, pueda ser tomado en cuenta o pueda contribuir a resolver dichas necesidades de contaminación, comercialización, etc. de

esta zona del país.

La realización del proyecto, vendrá a la par de una ciudad de Guadalajara más crecientemente y progresista, esperando siempre que este proyecto tenga la mejor proyección en el futuro de la comunicación y la utilidad deseada.

Este trabajo ha sido un paso más en mi carrera profesional que me abre un camino más real y de servicio, lo cual es lo más importante para una persona con una carrera profesional, y el compromiso más satisfactorio para mí, sería con este trabajo, intervenir aunque sea de manera mínima al desarrollo de mi comunidad y a la vez del país.

Bibliografía

- **Vías de Comunicación**
Carlos Crespo Villaluz
Editorial Limusa.

- **Estructuración de vías terrestres**
Fernando Olivera Bustamente
Editorial C.E.C.S.A.

- **La Ingeniería de suelos**
Alfonso Rico
Editorial Limusa

- **Normas y Especificaciones para Aeropuertos y carreteras**
Secretaría de Comunicaciones y Transporte
S.C.T.