

3
2ej

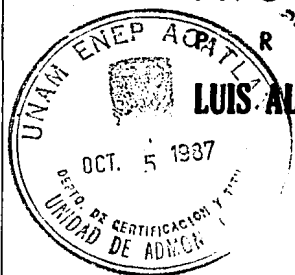


Universidad Nacional Autónoma de México

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLAN"**

**PROYECTO DE PAVIMENTOS DEL
AEROPUERTO DE PUEBLA, PUE.**

TESIS PROFESIONAL
QUE, PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
LUIS ALFREDO ALVARADO GARCIA



MEXICO, D. F.

1987.



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVANZADA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA

CI/167/1987.

SR. LUIS ALFREDO ALVARADO GARCIA
Alumno de la carrera de Ingeniería Civil.
P r e s e n t e.


De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 16 de octubre de 1985, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "Proyecto de Pavimentos del Aero---puerto de Puebla, Pue.", el cual se desarrollará como sigue:

- Introducción.
- I.- Generalidades.
- II.- Estudio Geotécnico.
- III.- Proyecto de Pavimentos.
- IV.- Normas Generales de Construcción.
- V.- Antepresupuesto.
- Conclusiones.
- Bibliografía.

Asimismo fue designado como Asesor de Tesis el señor Ing. Víctor A. Sotelo Cornejo, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. - Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Acatlán, Edo. de Méx., a 24 de septiembre de 1987.


ING. HERMENEGILDO ARCOS-SERRANO
Coordinador del Programa de
Ingeniería.

HAS' PGG/rcm.

INDICE

INTRODUCCION	PAG
CAPITULO I GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Demanda.....	2
1.3 Plan Maestro.....	8
1.3.1 Descripción por etapas del Plan Maestro del Aeropuerto de Puebla, Pue. sitio Huejotzingo.	9
1.4 Análisis de factibilidad.....	11
1.5 Análisis financiero.....	12
1.5.1 Ingresos y egresos de las compañías aéreas de acuerdo a los puntos de equilibrio de los vuelos.	17
1.5.2 Resumen de análisis de factibilidad económi co y financiero.	20
1.6 Localización	20
1.6.1 Características físicas del lugar.....	21
1.6.2 Características generales del lugar	22
1.6.3 Evaluación del lugar	23
1.6.4 Cobertura de vientos	24
1.6.5 Rosa de vientos	24
1.6.6 Libramiento de obstáculos	24
1.6.7 Selección del sitio para el Aeropuerto de Puebla, Pue.	25
1.6.8 Localización del Aeropuerto	27
CAPITULO II ESTUDIO GEOTECNICO	
2.1 Introducción	30
2.2 Estudio de oficina	
2.2.1 Información Fisiográfica	32
2.2.2 Información Topográfica	35
2.2.3 Información Geológica	38
2.2.4 Información Edafológica	41
2.2.5 Información de uso de Suelo	48
2.2.6 Información Climatológica	51
2.2.7 Resumen de Resultados	55
2.3 Estudio de Campo	
2.3.1 Pozos a Cielo Abierto	57
2.3.2 Bancos de Materiales	58
2.3.3 Muestreo	65

2.3.4	Ubicación de Sondeos	66
2.4	Estudio de Laboratorio	
2.4.1	Clasificación granulométrica	75
2.4.2	Determinación del peso específico	76
2.4.3	Determinación del contenido de humedad.....	76
2.4.4	Prueba de densidad	77
2.4.5	Límites de Atterberg	
2.4.5.1	Determinación del límite líquido ...	78
2.4.5.2	Determinación del límite plástico ..	79
2.4.5.3	Determinación de plasticidad de los suelos	79
2.4.5.4	Límite de contracción	79
2.4.6	Pruebas de compactación	80
2.4.6.1	Pruebas Dinámicas.....	80
2.4.6.2	Prueba Proctor estándar	82
2.4.6.3	Pruebas Estáticas	84
2.4.6.4	Prueba Porter	85
2.4.7	Prueba del Valor Relativo de Soporte (VRS) ..	91
2.4.8	Ensayo VRS en el lugar	93
2.4.9	Prueba Equivalente de Arena	94
2.4.10	Prueba de desgaste de los Angeles.....	96
2.4.11	Prueba de Expansión	97
2.4.12	Prueba Marshall	98
2.4.13	Pruebas para Materiales Asfálticos	105
2.4.14	Recomendaciones	108
2.5	Resumen de Resultados	110

CAPITULO III PROYECTO DE PAVIMENTOS

3.1	Introducción	17
3.2	Tipos de Aviones	119
3.3	Secciones Estructurales del Pavimento	121
3.4	Parámetros de Resistencia	125
3.4.1	Prueba del Cuerpo de Ingenieros	125
3.5	Proyecto de Pavimentos (Práctica Mexicana)	128
3.5.1	Introducción	128
3.5.2	Antecedentes	131
3.5.3	Consideraciones Relativas a la aeronave ...	133
3.5.4	Determinación de la aeronave crítica	135
3.5.5	Determinación de las operaciones anuales	
3.5.6	Equivalente de la aeronave crítica.....	135

CAPITULO IV NORMAS GENERALES DE CONSTRUCCION

4.1	Normas de Materiales	148
4.1.1	Materiales para terracerías	148

4.1.2 Materiales para revestimientos, sub-bases y bases	148
4.1.3 Materiales para base hidráulica	152
4.1.4 Materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas	155
4.1.5 Materiales Asfálticos	158
4.2 Normas de Construcción	161

CAPITULO V ANTEPRESUPUESTO

5.1 Trabajos por ejecutar	165
5.2 Recomendaciones de Construcción	166
5.3 Precios Unitarios	170
5.4 Cantidades de Obra	176
5.5 Antepresupuesto (resumen de partidas)	182

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

El ritmo acelerado de la vida Nacional ha exigido la creación y mejora de servicios, el desarrollo de profundas investigaciones y una constante y estricta administración de recursos. Este continuo desarrollo requiere del crecimiento y modernización de los sistemas de transporte.

Actualmente se está dando gran impulso al crecimiento y modernización de los sistemas carretero, ferroviario, portuario y aeroportuario; y tal vez éste último es el sistema con más impulso, cabe señalar que la red se incrementa con 2 ó 3 aeropuertos anualmente para totalizar casi 100 en la República Mexicana (nacionales, internacionales y militares), con esto se puede considerar que México es uno de los países con mayor número de aeropuertos en el mundo.

Este auge acarrea muchos otros problemas y necesidades como lo es la capacitación de personal técnico para planeación, proyecto, construcción y operación de aeropuertos.

El proyecto de un aeropuerto involucra muchas áreas de la ingeniería, por lo que en esta tesis nos enfocaremos al proyecto geotécnico y diseño de los pavimentos. Con esto se pretende elaborar una herramienta de trabajo mas, la cual pueden utilizar los estudiantes de ingeniería de vías terrestres para introducirse al estudio de pavimentación de un aeropuerto analizando cada etapa del proyecto, empezando con un análisis de factibilidad económica y demanda, continuando con el estudio geotécnico el cual se dividió en tres partes: oficina, campo y laboratorio, la primera parte da un panorama a gran visión de la zona de emplazamiento, la segunda parte es el "aterriaje", el conocimiento físico del terreno y la tercera parte es el análisis y control de calidad de los materiales observados que van a ser utilizados en el pavimento. En el tercer capítulo se desarrolla el método de cálculo de pavimentos vigente y aprobado por la AFA (Administración Federal de Aviación), adaptado por la DGA (Dirección General de Aeropuertos). Se finaliza citando las normas generales de construcción y el antepresupuesto de proyecto, todo esto para dar una idea más clara de costos de construcción.

CAPITULO I
GENERALIDADES

La ciudad de Puebla ha sido pionera en la actividad aérea del país, en el año de 1935 inició sus operaciones con un pequeño aeropuerto localizado a considerable distancia de la ciudad; las instalaciones de este antiguo aeropuerto, tuvieron diversos usos, primeramente como campo aéreo civil, velódromo y finalmente como campo aéreo militar y civil. Con el tiempo el Aeropuerto quedó circundado por el enorme crecimiento de la ciudad, efecto que hizo imposible su desarrollo.

Dentro del marco actual de nuestra economía en que por factores tanto externos como internos han ocasionado un grave desajuste reflejándose en la contracción de nuestro sistema económico, se ve necesario racionalizar el gasto público de tal manera que, las inversiones estén encaminadas por un lado a proyectos que sean justificados y necesarios, manteniendo el principio de proporcionar un beneficio social, y por otro, que desde el punto de vista financiero sean atractivas para evitar una mayor carga en el gasto y poder destinar los recursos hacia otras actividades prioritarias.

Dado que Puebla ha sido tradicionalmente industrial y sus perspectivas de desarrollo en este renglón son de tendencia ascendente, requiere para el apoyo de su impulso de un adecuado sistema de comunicaciones que brinden seguridad y rapidez. Uno de los medios de transporte que logran este objetivo es el aéreo.

Por estas razones se llevaron a cabo estudios de factibilidad para la construcción del Aeropuerto de Puebla, ciudad que por sus características de desarrollo y necesidad así lo amerita.

Al no contar la ciudad de Puebla con instalaciones propias para la aviación comercial, se carecía de información estadística de movimiento aéreo, de tal manera que para poder elaborar un pronóstico que tuviera un rango adecuado de validez se consideraron varios aspectos, entre otros, las compañías aéreas, la actividad económica del área de influencia así como la posibilidad de que el Aeropuerto de Puebla fuera alterno del Aeropuerto de la ciudad de México, dada la cercanía con este.

El estudio origen-destino señala las actividades con las cuales tiene Puebla más posibilidades de establecer un tráfico aéreo.

El estudio señala que por el momento sólo las rutas Puebla-Veracruz, Puebla-Oaxaca y Puebla-Acapulco tienen factibilidad económica para la aerolínea operadora, los demás enlaces son rutas futuras potenciales.

El tránsito potencial ya obtenido por el modelo utilizado nos da un tránsito potencial para el año base, por lo que es necesario aplicar una ley evolutiva que determine el tránsito potencial año por año hasta el horizonte del estudio y, en el caso de Puebla, se usa una ley evolutiva en función del tiempo y la población.

El tránsito potencial no es necesariamente el tránsito realizable, por lo que es necesario determinar éste para obtener el volumen de pasajeros que en un momento dado pueden hacer uso del transporte aéreo.

El tránsito realizable es determinado en función del tipo de avión a utilizar en la relación estudiada del radio de acción del avión; esto es, que para que un avión sea rentable para una compañía aérea, debe tener una utilización diaria de 5.5 a 7 horas por cada avión; también se consideró que para el tránsito potencial se eliminaron las relaciones que en promedio tienen menos de 9 pasajeros por día. Ya que este tránsito diario no puede ser cubierto por el coeficiente del llenado rentable del 80% del avión más chico tomado en el estudio que es el B 99.

PRONOSTICO DE PASAJEROS ANUALES

AND	AVIACION COMERCIAL	AVIACION GENERAL	TOTAL
1987	228,780.0	74,285.0	303,065.0
1992	398,638.0	148,571.0	547,209.0
1997	572,472.0	258,571.0	831,043.0
2005	953,068.0	433,904.0	1,386,972.0

TABLA 1.1

PRONOSTICO DE OPERACIONES ANUALES

AND	AVIACION COMERCIAL	AVIACION GENERAL	TOTAL
1987	9,494.0	14,597.0	24,087.0
1992	14,600.0	27,340.0	41,940.0
1997	16,060.0	49,166.0	65,226.0
2005	22,620.0	82,723.0	105,343.0

TABLA 1.2

PRONOSTICO PASAJEROS ANUALES AVIACION COMERCIAL (MILES)

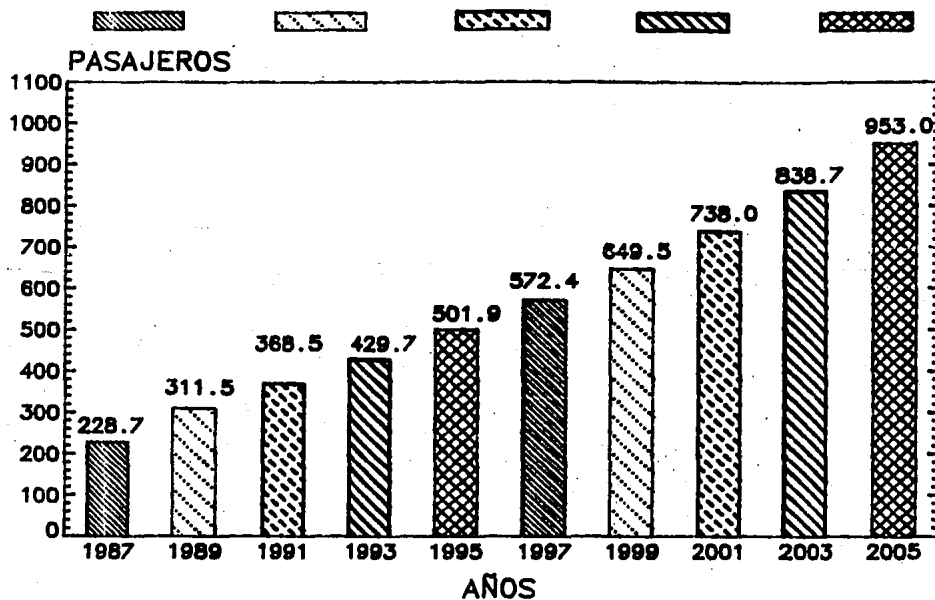


FIG. 1.1

PRONOSTICO PASAJEROS ANUALES AVIACION GENERAL (MILES)

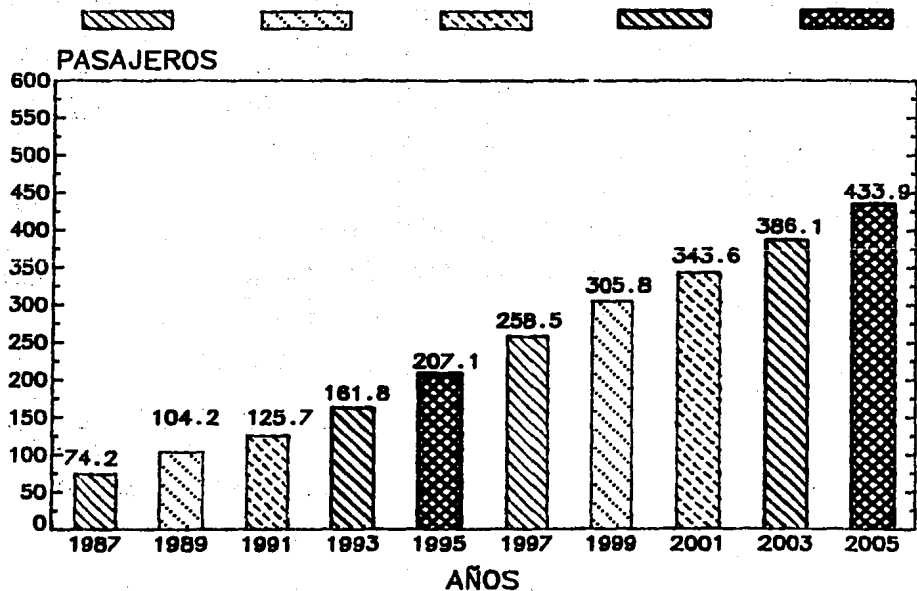


FIG. 1.2

PRONOSTICO OPERACIONES ANUALES AVIACION COMERCIAL (MILES)

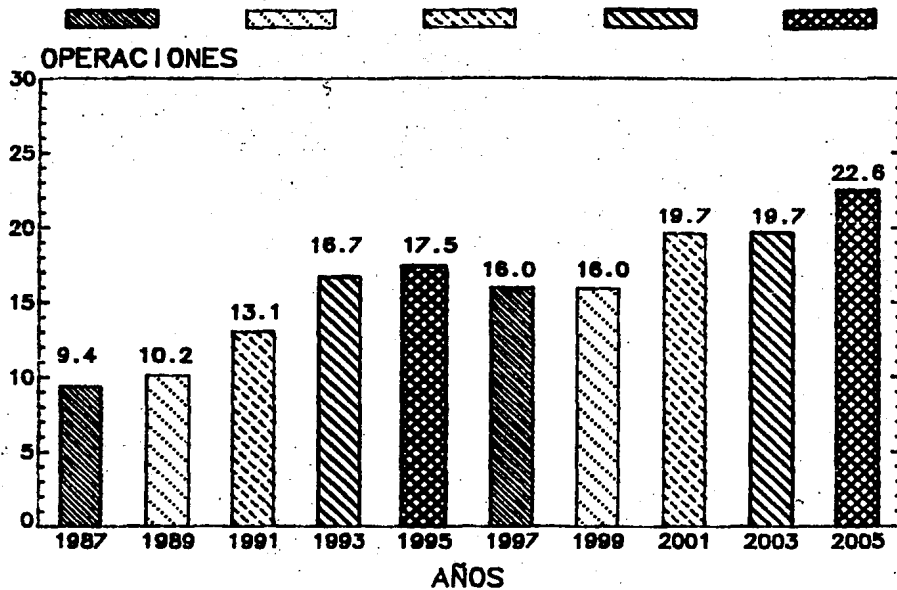


FIG. 1.3

PRONOSTICO OPERACIONES ANUALES AVIACION GENERAL (MILES)

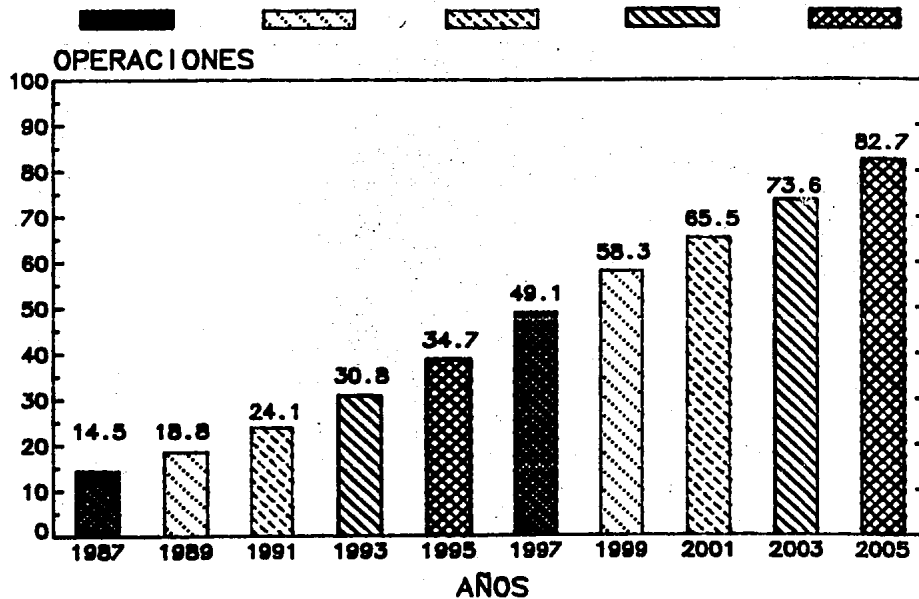


FIG. 1.4

1.3

PLAN MAESTRO

En el contexto de un estudio de factibilidad es necesario contar con un plan maestro que:

-Asegure que en el sitio de estudio existe realmente una solución racional que permita alcanzar la capacidad esperada.

-Permita establecer la estimación del costo de inversión con precisión deseable para el estudio de factibilidad.

El plan maestro se estudia sobre la base de la capacidad final del sitio.

El plan maestro del aeropuerto se establece para el volumen de tránsito esperado en el horizonte del periodo de estudio (20 años).

Naturalmente, la construcción del aeropuerto no se realizaría totalmente en una etapa, por tanto, para poder estudiar luego el programa de inversiones, habrá que estudiar cuáles deberán ser las etapas de construcción y escalonamiento de las obras en el tiempo, durante el periodo de estudio.

Al definir las etapas se determina la fecha y la importancia de cada conjunto de obras que es necesario proveer para adaptarse al crecimiento progresivo de la demanda y alcanzar así las etapas sucesivas de la oferta aeroportuaria.

1.3.1 DESCRIPCION POR ETAPAS DEL PLAN MAESTRO DEL AEROPUERTO DE PUEBLA, PUEBLA SITIO HUEJOTZINGO.

Primera etapa.

El sitio seleccionado es la población de Huejotzingo, localizada al noroeste de la ciudad de Puebla, Pue., a una distancia aproximada de 25 km, y con un tiempo de recorrido de 25 minutos por la carretera libre Mexico-Puebla.

El plan maestro en su primera etapa dentro del área terminal comprende una pista de 3,000 m de longitud por 45 m de ancho, para aviones de tipo DC-9-15, una calle de rodaje de 487 m de longitud por 23 m de ancho, una plataforma de aviación comercial que en esta primera etapa operacional solamente requiere una superficie de 156 m por 75 m para 5 posiciones simultáneas. Para aviación general se requiere una plataforma de 180 m por 90 m para 35 posiciones simultáneas, y un camino de acceso de 3 km de longitud que conectará con la federal libre hasta el área terminal del Aeropuerto.

Dentro del área terminal en esa primera etapa habrá un edificio de pasajeros de 3,200 m². El CREI (Cuerpo de rescate y extinción de incendios) edificio que comprende cobertizo y dormitorios con una superficie de 476 m², y una zona de combustibles de 2,000 m², suficientemente para las tres etapas de este aeropuerto. Se propone un estacionamiento para 514 automóviles con una superficie de 14,400 m².

En esta primera etapa, además de las obras antes mencionadas contará con redes varias, tales como eléctrica, alumbrado, hidráulico, y sanitaria (incluye pozo, red, bomba, fosa séptica y planta de tratamiento de aguas y drenaje). Tendrá además ayudas del tipo VOR, DME etc. (1)

(1) Ayudas electrónicos para la navegación aérea.

Segunda etapa.

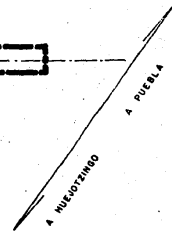
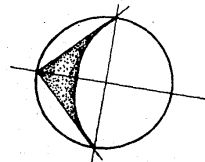
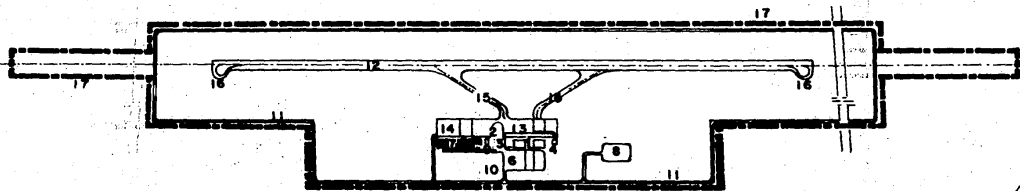
La segunda etapa requiere una ampliación en pista de 600 m, ya que en esta etapa podrá entrar en función el DC-9-32 y el DC-9-80. En esta etapa se contemplará otra calle de rodaje semejante a la considerada en la primera etapa, de 487 m lineales por 23 de ancho.

Para la plataforma de aviación comercial se estima una ampliación de 3,300 m² y para la aviación general 11,000 m², para el estacionamiento de automóviles la superficie en la segunda etapa se conserva.

Tercera etapa.

En esta tercera etapa la plataforma de aviación comercial deberá ampliarse en 5,100 m² más para dar capacidad a 8 posiciones simultáneas tanto en aviones grandes como de tercer nivel. La plataforma de aviación general se incrementará 11,000 m² y el estacionamiento para automóviles de 8,000 m² en sus niveles.

Las etapas mencionadas anteriormente se localizan con simbología correspondiente en el plan maestro Figura No. 1.5



- | | | |
|---------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 EDIFICIO TERMINAL | 7 ZONA DE HANGARES | 12 PISTA |
| 2 TORRE DE CONTROL | 8 ZONA DE COMBUSTIBLES | 13 PLATAPORMA AVIACION GÉNERAL |
| 3 EDIFICIO A NEXO | 9 ZONA DE CONCESIONES | 14 PLATAPORMA AVIACION COMERCIAL |
| 4 C. R. E. I. | 10 ZONA SERVICIO DEL AEROPUERTO | 15 CALLES DE RODAJE |
| 5 CAMINO DE ACCESO | 11 CAMINO PERIMETRAL | 16 GOYA |
| 6 ESTACIONAMIENTO | | 17 LINDERO |

FIGURA 1.5

ENEP ACATLÁN UNAM

PLAN MAESTRO

No pudiéndose sintetizar la factibilidad por medio de un resultado único, el estudio tiene por objeto suministrar, respecto a cada escenario en estudio, cierto número de indicadores de factibilidad aptos para estimar los efectos de la realización de cada escenario sobre la actividad de los participantes interesados por el Aeropuerto.

Se trata de indicadores de naturaleza e importancia variadas, según el efecto particular que indica y desde el punto de vista que se le observa.

Podemos distinguir así los indicadores cuantitativos, que dan cuenta de los efectos susceptibles de ser estimados con precisión suficiente:

- * De índole financiera, es decir, relativos a la factibilidad propia del Aeropuerto. (Desde el punto de vista de las finanzas públicas).

- * De índole socio-económico, que expresan el punto de vista de la colectividad nacional.

El horizonte de estudio del proyecto contempla veintidós años 1984-2005 y considera únicamente los ingresos y egresos para el operador del Aeropuerto.

En lo que a ingresos se refiere, contempla las cuotas que Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA), cobra por los servicios que presta, que son:

- Servicios aeroportuarios.
- Tarifa de servicios de aterrizaje por rango de peso para la aviación troncal regional, para aviación general, se cobra a través del combustible.
- Derecho de uso de aeropuerto.
- Servicios auxiliares.
- Servicios de pasillo telescópico, sala móvil y/o aerocar.
- Servicios de asistencia en tierra (servicios de rampa).
- Servicios de revisión de pasajeros y sus equipajes de mano.
- Combustible.

El estudio consideró como avión crítico el DC-9-32 en ruta Puebla-Monterrey, para el cálculo de necesidades de combustible de aviación troncal y el HS-74B para las de aviación regional. Para aviación general se utilizó el consumo promedio de aviones bimotores y monomotores en etapa media de 200 millas náuticas.

Los rubros que integran los egresos son:

Las inversiones por realizar, el gasto en que incurre el operador del Aeropuerto por concepto compra-venta de combustible y los egresos generales del operador del Aeropuerto. Este último concepto se elabora en base a una fórmula que correlaciona el crecimiento de pasajeros y operaciones con los egresos del operador del Aeropuerto.

Las inversiones se distribuyen en tres etapas:

1984-1987, 1991 y 1996. El inicio de las operaciones se lleva a cabo en 1986 al finalizar la primera etapa de inversión.

El análisis nos indica que desde 1988, se empieza a amortizar la inversión y para 1999 se recupera totalmente. Los recursos financieros al final del periodo ascienden a un monto de \$969.34 millones.

A diferentes tasas de actualización los valores de ingresos y egresos son los siguientes:

	INGRESOS	EGRESOS	I/E
6.0	6,219.71	6,769.47	0.9187
4.0	8,092.96	8,318.90	0.97284
3.0	9,284.52	9,293.70	1.00098
TIR			
2.7	9,682.43	9,617.88	1.00761
2.5	9,959.08	9,842.84	1.01181
2.0	10,693.15	10,438.42	1.02440

TABLA 1.3

En términos financieros una tasa interna de retorno (TIR) del 3% no es una tasa muy atractiva para invertir, pero considerando que el Aeropuerto presta un servicio tanto a la comunidad regional como nacional y que además su creación redundará en beneficios colaterales (creación de empleos, incremento del PIB, etc.), esta tasa, aunque baja puede considerarse como de rendimiento aceptable para el proyecto que se analiza.

Las cifras que se utilizaron para este análisis se elaboraron y se presentan en pesos constantes de Abril de 1983.

ANALISIS FINANCIERO

MILLONES DE PESOS

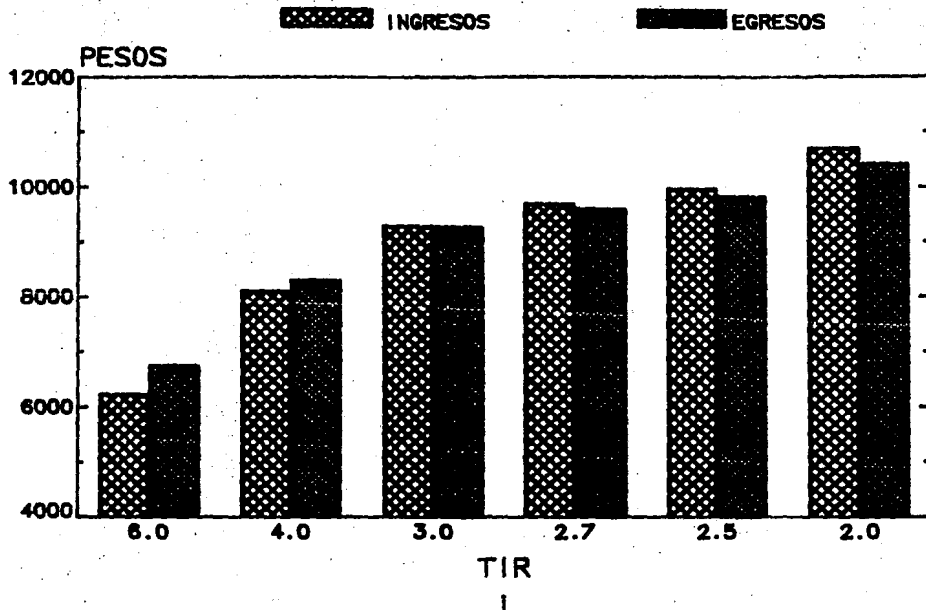


FIG. 1.6

Las cuotas utilizadas para el cálculo de ingreso son las siguientes:

SERVICIOS AEROPORTUARIOS.

Para la aviación troncal se utilizará la tarifa de \$4,135.00 por aterrizaje, correspondiente al rango de peso entre 41,000 kg y 60,000 kg, para la aviación regional se utilizó la tarifa de \$1,315.00 por aterrizaje, correspondiente al rango de peso entre 10,000 kg y 20,000 kg, para la aviación general se cobra a través del combustible y la tarifa es de \$1.00 por litro.

SERVICIOS AUXILIARES

Dentro de este concepto se incluyó la revisión de pasajeros y su equipaje de mano; pasillo telescópico, sala móvil y aerocar; servicio de aguas negras, agua potable y banda conveyor; suministro de combustible. Los tres primeros servicios se cobran por tiempo y el último por litro de combustible servido. Las tarifas son: \$22.00 por pasajero de aviación comercial para el primer servicio, \$400.00/hora para aviación troncal y \$200.00/hora para aviación regional por el segundo. \$7,245.00/hora para aviación comercial por el tercero y \$1.763 por litro de combustible por el último servicio.

COMBUSTIBLES

Los ingresos que por este concepto percibe el Aeropuerto se calcularon tomando en cuenta el consumo promedio por etapa y tipo de avión utilizado. Los precios por litro de combustible son: \$29.47 gasavión 80, \$40.51 gasavión 100 y \$46.4 turbosina.

DERECHO DE USO DE AEROPUERTO (DUA)

Este concepto se calculó a razón de \$240.00 por pasajero de aviación comercial.

RECUPERACION DE TERRENO

No se tomó en cuenta este concepto debido a que los terrenos del actual aeropuerto pertenecen a la Secretaría de la Defensa Nacional.

Los conceptos utilizados para el cálculo de egresos son los siguientes:

EGRESOS DE OPERACION

Este concepto se calculó utilizando una fórmula que correlaciona los gastos del operador con el movimiento de pasajeros y aeronaves. Esta fórmula se obtuvo a través de comparaciones con los datos mencionados de varios aeropuertos.

COMBUSTIBLES

Los egresos que por este concepto realiza el operador del Aeropuerto, se calcularon con base en datos estadísticos de años anteriores.

INVERSIONES DEL PROYECTO

En este concepto se incluyen las operaciones que son necesarias para construir las instalaciones del aeropuerto, en este caso se distribuye en tres etapas.

**1.5.1 INGRESOS Y EGRESOS DELAS COMPANIAS AEREAS DE ACUERDO
A LOS PUNTOS DE EQUILIBRIO DE LOS VUELOS.
(PUNTO DE VISTA DE LAS COMPANIAS AEREAS)**

El volumen de ingresos para las compañías aéreas, consiste en hacer un balance comparativo para cada año, entre la demanda de pasajeros anuales y los asientos ofrecidos al 100%.

El procedimiento de análisis es el siguiente:

1.- Se considera un tipo de avión "X", que con el 100% de su ocupación satisfaga la demanda, cuando el avión se satura al 100% se cambia de tipo de avión o bien se puede aumentar el número de vuelos por semana-día analizando que el número de asientos ofrecidos sea menor o casi igual al número de pasajeros anuales correspondientes a la demanda, de esta manera se repetiría el procedimiento hasta analizar la última etapa fijada en la demanda.

2.- Uná vez obtenidos los tipos de avión para cada año, se analizará su ocupación (O) al 60%, 70% y 80% calculando las diferencias de: pasajeros anuales (pa) menos asientos ofrecidos (ao) al 60%.

$$O = pa - ao \text{ } 60\%$$

Pasajeros anuales (pa) menos asientos ofrecidos (ao) al 70%.

$$O = pa - ao \text{ } 70\%$$

Pasajeros anuales (pa) menos asientos ofrecidos (ao) al 80%.

$$O = pa - ao \text{ } 80\%$$

3.- Finalmente, obtenidas las diferencias positivas o negativas, éstas se multiplican por el costo del boleto, dando como resultado las ganancias o pérdidas de las compañías.

**PUNTO DE VISTA DE LAS COMPANIAS AEREAS
 IMPORTE TOTAL CONSIDERANDO EL 60% DE OCUPACION
 (MILLONES DE PESOS)**

ANO	P-VER	P-TGZ	P-OAX	P-VSA	P-GDL	P-MTY	P-ACA	TOTAL
1987	9.0	8.6	23.3	-6.0	37.6	-3.6	18.6	87.5
1992	17.2	85.4	42.5	67.5	70.0	93.9	74.9	451.4
1997	29.7	144.2	68.0	69.2	115.2	165.5	120.6	712.4
2005	75.0	423.9	132.9	170.9	267.6	536.8	311.6	1918.7

TOTAL DE
 ANOS ACUMULATI-
 VDS 633.9 3236.6 1026.4 1259.3 2008.6 4131.2 2442.2 14738.2

TABLA 1.4

**PUNTO DE VISTA DE LAS COMPANIAS AEREAS
 IMPORTE TOTAL CONSIDERANDO EL 70% DE OCUPACION
 (MILLONES DE PESOS)**

ANO	P-VER	P-TGZ	P-OAX	P-VSA	P-GDL	P-MTY	P-ACA	TOTAL
1987	3.2	-21.5	14.9	-23.5	20.3	-46.5	0.4	-52.7
1992	7.3	44.6	28.4	50.0	40.5	35.9	50.3	257.0
1997	16.2	89.3	49.0	39.4	75.3	87.3	87.5	444.0
2005	56.9	364.7	105.2	130.6	175.0	452.6	166.2	1451.2

TOTAL DE
 ANOS ACUMULATI-
 VDS 370.2 2423.2 699.0 704.5 1256.5 2873.0 4121.8 9539.2

TABLA 1.5

-Para las aerolíneas operadoras en este Aeropuerto, les significa una ganancia de \$14,738.2 millones para 2005 en un periodo de 19 años, considerado el 60% de ocupación de las aeronaves como punto de equilibrio.

-Si se considera que el punto de equilibrio es el 70% de la ocupación del avión las ganancias son de \$9,539.2 millones, para el periodo estudiado de 19 años.

-En el caso más desfavorable de que el punto de equilibrio sea del 80% de la ocupación del avión, las ganancias de la aerolínea son de \$5,200.7 millones, para el periodo estudiado.

1.5.2 RESUMEN DE ANALISIS DE FACTIBILIDAD ECONOMICO Y FINANCIERO

Como puede observarse en los estudios, las inversiones en este Aeropuerto tienen una TIR relativamente baja; esto sucede para la mayor parte de los aeropuertos del país y quiere decir que la inversión tendrá una recuperación lenta y que siempre habrá negocios más lucrativos si se pensara en el uso del dinero sin un sentido social.

Al analizar los ingresos y los egresos acumulados se puede observar que a partir de 1996 los primeros comienzan a ser mayores que los segundos, es decir, nueve años de la entrada en operación del Aeropuerto.

Pero si por una parte la recuperación de las inversiones no es del todo satisfactoria, un análisis de las ganancias de las aerolíneas operadoras demuestra que aún suponiendo que el punto de equilibrio fuese de 80% de ocupación de las aeronaves (generalmente es el 60%) se tendrían ganancias al fin del período estudiado (1987-2005) de más de 5,200 millones (1983).

En este análisis no se logra estudiar el impacto que el Aeropuerto tiene en la generación de empleo en la zona por carecer de ciertos datos necesarios en el análisis.

1.6.1 CARACTERISTICAS FISICAS DEL LUGAR

La selección de la ubicación de un aeropuerto está influido por ciertos factores físicos. Estos pueden afectar la utilidad de un aeropuerto y la economía de su desarrollo.

El área adecuada debe estar provista de tal modo que pueda dar cabida a un aeropuerto del tipo requerido y orientado por los vientos dominantes. El área está determinada por la longitud y configuración de la pista y por las necesidades del área terminal. Un aeropuerto pequeño puede construirse en 50 ó 100 acres. Un gran aeropuerto internacional puede cubrir 15,000 a 40,000 acres.

Debe garantizarse la posibilidad de expansión seleccionando un sitio que no esté acorralado por propiedades construidas, patios de ferrocarril, montañas, ríos, puertos marítimos u otros elementos que impidan el crecimiento, a no ser con un costo excesivo.

Aunque en la adquisición inicial debe incluirse todo el terreno necesario para el desarrollo completo, debe haber amplios terrenos disponibles adyacentes al sitio del Aeropuerto. Estas tierras deben protegerse, evitando el crecimiento industrial o residencial incontrolado, que impida el crecimiento de las pistas o la zona terminal.

Los terrenos deben ser relativamente planos para evitar los costos excesivos de nivelación. Los terrenos elevados son preferibles a los bajos, porque normalmente están libres de obstrucciones en las zonas de aproximación, menos sujetos a neblinas, vientos erráticos y son más fáciles de drenar.

Los suelos deben estudiarse y evaluarse por su efecto en la nivelación, drenaje y pavimentos. La naturaleza del suelo influye en el costo de construcción. Idealmente, el sitio debe ser terreno despejado, debe poder drenarse fácilmente y tener suelo de grava y arena que ofrezca una cimentación satisfactoria para el pavimento de pistas sin sub-bases excesivamente gruesas y sistemas de drenaje costosos.

Deben investigarse las características de drenaje del lugar para diagnosticar la posibilidad de inundaciones y la existencia de altos niveles freáticos. Lo más deseable es el drenaje natural. Debe valorarse la capacidad para desalojar el agua de lluvias.

La aproximación aérea del aeropuerto propuesto debe estar libre de obstáculos como montañas, colinas, edificios altos, líneas de transmisión, torres y chimeneas.

1.6.2 CARACTERISTICAS GENERALES DEL LUGAR

Además de las características físicas de un lugar para aeropuertos existen factores generales que deben considerarse.

La accesibilidad a la comunidad es esencial para preservar la ventaja de la velocidad del transporte aéreo. En general, la accesibilidad se mide en tiempo, más que en distancia. Los lugares cercanos a las modernas autopistas son preferibles. Por otro lado, el lugar no debe estar tan alejado de la comunidad que requiera tiempo excesivo de transporte.

La disponibilidad de instalaciones, como energía eléctrica, gas, teléfono, agua, drenaje y transporte público es un factor que debe investigarse. Si no existen tales instalaciones debe considerarse el costo para proporcionarlas.

El control del lugar y sus alrededores por medio de planificación de la zona debe investigarse para asegurar la protección de las aproximaciones aéreas y la posibilidad de expansión. Si el aeropuerto se localiza fuera de la comunidad a la que sirve deben considerarse los medios para garantizar el control apropiado.

La compatibilidad con la planeación local y regional es una característica importante. Debe explorarse de tal modo, que tanto el aeropuerto como la región puedan desarrollarse sin interferencias. El efecto sobre el valor de los terrenos y la asignación de impuestos pueden ser adversos o benéficos, según la naturaleza del sitio. Si el aeropuerto se localiza cerca de zonas residenciales, el valor de esas propiedades puede resultar afectado debido a la naturaleza comercial de algunos tipos de aeropuertos.

Si se localiza en un área sin desarrollo, el aeropuerto puede hacer subir el valor de los terrenos adyacentes como zona industrial o algún otro uso relacionado con el aeropuerto. Debe establecerse el posible efecto del ruido de las aeronaves.

El espaciamiento de los aeropuertos es importante, puesto que estos no deben ubicarse de manera que interfieran los patrones de tráfico aéreo.

1.6.3 EVALUACION DEL LUGAR

Una vez realizada la identificación de los sitios más adecuados en la región, el ingeniero debe revisarlos basándose en sus características físicas y generales. No es probable que alguno posea todas las características deseables. Por lo tanto, es necesario valuar las características buenas y malas de cada lugar para hacer la mejor selección.

Deben probarse preliminarmente diversos modelos de pistas, verificarse las aproximaciones, evaluarse los estados y condiciones reales y analizarse los costos de construcción. Los sitios más prometedores pueden evaluarse en el campo y desarrollarse datos específicos sobre el suelo y topografía.

La selección del patrón de las pistas está influido por la necesidad de obtener aproximaciones libres, el deseo de obtener coberturas máximas de vientos y la necesidad de ajustar el proyecto de las pistas a la topografía del terreno para asegurar bajos costos de nivelación y drenaje. La forma y localización del área terminal también influyen en la disposición. Más aún, son deseables distancias de rodaje cortas y directas entre las pistas y la terminal del aeropuerto.

Es necesario, saber la cobertura de vientos y el volumen de tráfico porque de ellos depende el número de pistas. Para aumentar la capacidad, la disposición debe permitir el uso simultáneo de dos o más pistas.

La orientación de las pistas depende de los requisitos para el libramiento de obstáculos y las direcciones de los vientos dominantes. Las pistas instrumentales, si es posible, deben alinearse con los vientos que prevalecen durante las condiciones de vuelo por instrumentos. Idealmente las aproximaciones a las pistas deben establecerse, si es posible, en despoblado o en áreas no residenciales, en donde la gente si sea molestada por

las operaciones de aviones.

1.6.4 COBERTURA DE VIENTOS

La Federal Aviation Administration (Administración Federal de Aviación) AFA, especifica que las pistas deben estar orientadas de manera que el avión pueda aterrizar por lo menos el 95% del tiempo con componentes de viento cruzado que no excedan de 24 km/h (15 mph). Se considera que ésta es la componente máxima de viento cruzado que puede aceptarse seguramente por aviones de tipo ligero y mediano. Los aviones grandes de transporte pueden hacerse descender con seguridad con componentes de viento mayores, pero puesto que la mayoría de los aeropuertos que son usados por aviones ligeros, así como de transporte comercial, se recomienda que cumplan con esa componente de 24 km/h (15 mph), siempre que sea práctico.

La tendencia es hacia disposiciones unidireccionales y bidireccionales.

En algunas localidades, donde los vientos dominantes son consistentemente en un sentido o en el inverso, una sola pista satisficará los requerimientos de la AFA. A veces se opta por el proyecto de una sola pista cuando no se satisfacen completamente, pero las aproximaciones son excelentes y se satisfacen otros factores.

1.6.5 ROSA DE VIENTOS

Para determinar la orientación de una pista que ofrezca la mayor cobertura de vientos, puede usarse una rosa de vientos. Un tipo simple de rosa consiste en barras que radian en varias direcciones de la brújula, cada una representa a escala, el porcentaje de tiempo que el viento sopla desde la dirección a la que apunta la barra como se indica en las figuras No. 1.7 y 1.8.

1.6.6 LIBRAMIENTO DE OBSTACULOS

Para la prueba de zonas de aproximación para libramiento de obstáculos se necesita un mapa topográfico del sitio del aeropuerto y sus alrededores en un radio por lo menos de 8 km, contadas desde el perímetro del aeropuerto.

Un método conveniente de prueba es preparar una plantilla transparente que muestre la prolongación del eje de pista, los límites de la superficie de aproximación a la misma y líneas de contorno que representen elevaciones de la pendiente de la superficie de aproximación a la pista y la superficie de transición.

Deben tomarse medidas para remover todas las obstrucciones que sea posible y señalar e iluminar las que no sea posible quitar.

Deben elaborarse planos detallados de áreas críticas en las zonas de aproximación. Los planos deben mostrar la altura de los árboles, postes, edificios, etc., que queden cerca de la superficie de aproximación a la pista. Luego deben darse los pasos para obtener el control de esas áreas por medio de concesión o compra, de modo que puedan eliminarse las obstrucciones.

1.6.7 SELECCION DEL SITIO PARA EL AEROPUERTO DE PUEBLA, PUEBLA

Los factores que determinaron la localización del aeropuerto fueron:

- Tendencias en la aproximación urbana.
- Consideraciones del espacio aéreo y meteorológicas.
- Ubicación de los centros generadores de usuarios y empleos.
- Compatibilidad con otros aeropuertos.
- Uso del suelo.
- Probabilidad de disponer de amplias superficies.
- Baja perturbación por ruidos a habitantes de la ciudad.
- Reducción de riesgos potenciales.
- Costo de terrenos.
- Inversión de infraestructura para ligar el sitio con la ciudad.
- Superficie reservada para el desarrollo del plan maestro.

Para el análisis fué necesario, hacer un estudio de campo preeliminar, en el cual, la investigación se contempló el reconocimiento aéreo y el terrestre, obteniéndose de esta manera la información necesaria de los terrenos propuestos.

Los factores que se tomaron en cuenta para la localización de las pistas fueron los siguientes:

- La orientación de la pista.
- La topografía y los obstáculos.
- La orografía.
- La elevación del aeropuerto sobre el nivel del mar.
- La aeronave tipo que operará en el aeropuerto y los destinos seleccionados.
- El peso máximo de despegue de aviones.
- La dirección y velocidad del viento sobre la superficie.
- La pendiente de la pista.
- La interferencia, límites ambientales.
- El tipo y la categoría de las instalaciones.
- La disponibilidad de terrenos.

La pista deberá contar con un área suficientemente grande para permitir la ubicación y las futuras ampliaciones de: edificio terminal, pistas, calles de rodaje, almacenamiento de combustible, estacionamientos, y todas las instalaciones que contempla el plan maestro.

1.6.8

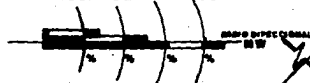
LOCALIZACION DEL AEROPUERTO

El terreno donde quedará alojado este nuevo aeropuerto, se localiza aproximadamente a 3000 m a la izquierda del km 109+372.55, de la vía libre México-Puebla, y es específicamente en las cercanías a las poblaciones de Huejotzingo y Santa María Zacatepec.

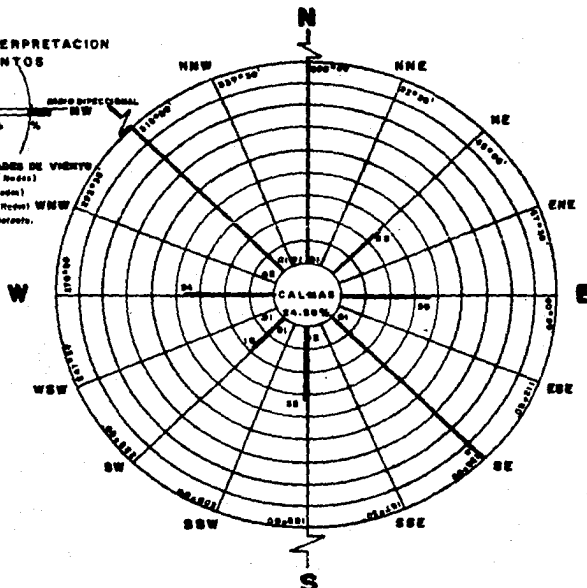
TABLA DE PORCENTAJE DE VIENTOS DIRECTOS CUBIERTOS EN CADA UNA DE LAS DIRECCIONES DE PISTA INDICADAS.

DIRECCION DE LA PISTA	18-30	01-15	03-00	03-31	04-31	05-30	06-30	07-30	08-30	09-30	10-30	11-30	12-30	13-31	14-30	15-30	16-30	17-30
% Cubiertos de 0 a 5 M.P.S.	24	20	20	24	20	24	20	24	20	24	20	24	20	24	20	24	20	24
% Vientos	24	20	20	24	20	24	20	24	20	24	20	24	20	24	20	24	20	24
Total	51	40	40	48	40	48	40	48	40	48	40	48	40	48	40	48	40	48

DIAGRAMA PARA INTERPRETACION
ROSA DE VIENTOS



EQUIVALENCIA DE INTENSIDADES DE VIENTO
 Cal. MAS = 0.0 a 48 Km/Hr (0 a 30 nudos)
 Rango 1 = 0.00 a 41 Km/Hr (0 a 13 nudos)
 Rango 2 = 42 a 66.3 Km/Hr (13.1 a 20 nudos)
 Rango 3 = 67 a 91.4 Km/Hr (20 a 25 nudos)



NOTAS:

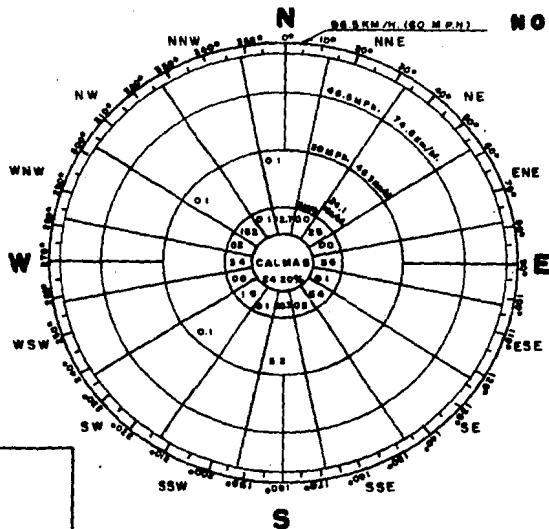
PERIODO DE OBSERVACIONES DEL MES DE DICIEMBRE DE 1964, AL MES DE DICIEMBRE DE 1964, CON UN PROMEDIO DE 23 LECTURAS DIARIAS CON DATOS PROPORCIONADOS POR LA ESTACION METEOROLOGICA DE NYLSA DE MEXICO.

LOS NUMEROS QUE APARECEN AL EXTREMO DE LAS BARRAS INDICAN EL PORCENTAJE DE VIENTOS EN ESA DIRECCION.

U. N. A. M.	
AEROPUERTO DE PUEBLA, PUE. SITIO HUEJOTZINGO	
ROSA DE VIENTOS DIRECTOS	
TESIS	FIGURA 17
L.A.A.G.	

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

DIRECCION DE LA PISTA	09-30 00-10	01-10	06-20	00-21	04-11	00-22	00-24	07-20	00-20	00-27	10-20	11-20	12-20	15-21	14-20	10-20	10-24	17-20
% Vientos de 24.70 M.P.H.	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
% Vientos de 21 a 18 M.P.H.	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
% Vientos de 15 a 12 M.P.H.	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
% Vientos de 9 a 6 M.P.H.	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
% Total Calmas.	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00



NOTAS:

PERIODO DE OBSERVACIONES DEL MES DE DICIEMBRE DE 1962, AL MES DE DICIEMBRE DE 1964, CON UN PROMEDIO DE 23 LECTURAS DIARIAS, CON DATOS PROPORCIONADOS POR LA ESTACION METEOROLOGICA HYLSA DE MEXICO.

U. N. A. M.

AEROPUERTO DE PUEBLA, PUE.
SITIO HUEJOTZINGO

ROSA DE VIENTOS CRUZADOS

TESIS

FIG. 1.6

L.A.A.O.

CAPITULO II
ESTUDIO GEOTECNICO

Al conjunto de recopilaciones de información, de estudios de campo y laboratorio, recorridos e inspecciones, análisis y cálculos que conducen al conjunto de recomendaciones y conclusiones para establecer las normas geotécnicas de proyecto se llama "Estudio Geotécnico".

La finalidad de este capítulo no es describir ampliamente la información que se obtendrá de las cartas del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), ya que sería demasiado y estaríamos saliendo de los intereses de esta Tesis; simplemente se mencionará la información que se puede obtener de ellas con breves descripciones y la información necesaria para el proyecto del Aeropuerto. En caso de querer ampliar y profundizar en la materia existe información por parte de INEGI, el Instituto de Geografía de la UNAM y algunas otras dependencias que pueden facilitar la investigación.

Para efectos de esta Tesis se ha dividido el capítulo II en tres partes: oficina, campo y laboratorio.

El estudio de oficina nos da la primera información de la zona de proyecto en términos generales, la cual se obtiene de cartas, fotointerpretación y pláticas con gente del lugar si es posible con ingenieros o técnicos de otras dependencias u oficinas que tengan experiencia en la zona.

El estudio de campo ratifica o rectifica la primera impresión obtenida de las cartas y recava información específica directa, la cual complementará a la de las cartas.

El estudio de laboratorio muestra los detalles de los materiales encontrados en la zona de estudio y con esto conclusiones concretas de calidad que a fin de cuentas es el parámetro que marca la pauta para elegir o no la utilización de un material en el proyecto.

Los recursos naturales con que cuenta un país son una de las bases fundamentales para su desarrollo económico, social y cultural.

El estudio, ubicación y evaluación de los mismos permiten conocer la disponibilidad de materias primas y energéticos para la planeación del desarrollo, y ofrecen al individuo el conocimiento de su entorno natural, lo que le permitirá interactuar con el medio y cuidar de su preservación y equilibrio ecológico. El conocimiento racional de estos recursos ofrece la posibilidad de señalar la vocación económica de las distintas regiones de un país y de crear nuevas alternativas de uso, adecuadas a las condiciones prevaecientes y la disponibilidad de dichos recursos.

Todos los recursos ocupan un lugar en la tierra, y es posible ubicarlos geográficamente a través de mapas o cartas, en donde se podrán medir, cuantificar y analizar. La ubicación y representación de recursos ofrece la posibilidad de entender su origen, magnitud, distribución y la relación existente entre ellos.

2.2 ESTUDIO DE OFICINA

La parte de la geología que estudia la forma, evolución del relieve terrestre y las causas que determinan su transformación se llama Fisiografía; el INEGI ha dividido la República mexicana en quince grandes zonas a las cuales se les ha denominado Provincias Fisiográficas. Estas provincias fisiográficas están contenidas en ocho grandes cartas escala 1:1 000 000.

Las Provincias Fisiográficas son:

- I.- Península de Baja California.
- II.- Llanura sonorense.
- III.- Sierra Madre Occidental.
- IV.- Sierra Madre Oriental
- VI.- Grandes Llanuras de Norte America.
- VII.- Llanura Costera del Pacífico.
- VIII.- Llanura Costera del Golfo Norte.
- IX.- Mesa del Centro.
- X.- Eje Neovolcánico.
- XI.- Península de Yucatán.
- XII.- Sierra Madre del Sur.
- XIII.- Llanura Costera del Golfo Sur.
- XIV.- Sierra de Chiapas y Guatemala.
- XV.- Cordillera Centroamericana.

Además la carta fisiográfica nos proporciona información de las Subprovincias y discontinuidades, de las asociaciones como: mesetas, lomeríos, bajadas, llanuras, cañadas, lagunas costeras, cráteres y calderas; de las fases del suelo como: malpais, piso rocoso, cementado, inundable y salino; y del Tipo de Sistema de Topoformas por Provincias como son: alta escarpada, alta de laderas convexas, baja plegada, compleja, etc.

La zona del Aeropuerto está enclavada en la Provincia Sierra Madre del Sur, esta Provincia limita al Norte con el eje Neovolcánico; al Este con la Llanura Costera del Golfo Sur, la Provincia de la Sierra de Chiapas y la Llanura Costera Centroamericana del Pacífico y al Sur con el Océano Pacífico, abarca el estado de Guerrero, y parte de los de Jalisco, Colima, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Oaxaca y Veracruz. Esta gran región es considerada como la más compleja y menos conocida del país.

La Sierra Madre del Sur es una región de gran complejidad litológica en la que cobran gran importancia las rocas intrusivas cristalinas particularmente los granitos y las metamórficas; dentro de la Subprovincia denominada Lagos y Volcánes de Anáhuac, la clase de sistema de topoformas (100) es sierra, no presenta asociaciones de ningún tipo ni fases (0), el tipo de sistema de topoformas es alta compleja (01). En resumen la clave del sitio en estudio es 100-0/01.

Esta primera carta permite partir de lo más general que es la fisiografía del país a gran visión, donde se puede ubicar el sitio en un contexto amplio; el cual se irá particularizando a través del estudio en las demás cartas hasta llegar a los elementos más simples que forman la zona donde se construirá.

Provincia Sierra Madre del Sur

Edad	Periodo	Litología	Clave
		Suelo aluvial	(s)
	(Q) Cuaternario	Rocas ígneas extrusivas: basalto, toba, brecha volcánica.	(Ige)
		Rocas sedimentarias: Travertino.	(Quim)
Cenozoico		Rocas sedimentarias: arenisca-conglomerado, conglomerado, arenisca-toba.	(C1)
	(T) Terciario	Rocas ígneas extrusivas: Riolita, andesita, toba, brecha volcánica.	(Ige)
		Rocas ígneas intrusivas: granito, diorita.	(Ige)
Mesozoico	(C) Cretácico	Rocas sedimentarias: lutitas-areniscas, caliza.	(C1)

Las cartas topográficas son documentos que forman el llamado Sistema de Cartografía Topográfica Nacional. DGGTN, que representan gráficamente la infraestructura, orografía, hidrografía y población del país así como su distribución geográfica; en ella se registran todos estos factores y las relaciones que guardan entre sí.

Son asimismo, las bases en las cuales se sustentan los estudios de la DGGTN que se ocupan del inventario de los recursos naturales como los de geología, edafología, uso del suelo, uso potencial del suelo e hidrología entre otros.

La carta representa la información de elementos naturales y obras hechas por el hombre-planimetría- como:

-Vías de comunicación: carreteras pavimentadas y autopistas, que pueden ser Federales, Estatales, de cuota o de más de dos carriles; vías de ferrocarril; terracerías, brechas y veredas.

-Aeropuertos, indicando su superficie de rodamiento y su equipo (sencillos para aviación general o para grandes volúmenes de tránsito y de largo alcance).

-Líneas de conducción: eléctricas, telefónicas, telegráficas, ductos de diferentes tipos, etc.

-Elementos diversos como torres de microondas, faros e instalaciones portuarias diversas ya sean muelles, malecones o rompeolas.

-Ciudades, donde se indican sus servicios y principalmente: escuelas, hospitales, templos y cementerios.

Con relación a la hidrografía se representan los elementos naturales y artificiales, en lo que se refiere a patrones generales de drenaje: ríos, arroyos, canales, etc., y a almacenamientos y masas de agua: bordos, presas, lagunas, esteros, zonas sujetas a inundación, cajas de agua, etc.

Por lo que respecta a la vegetación, ésta se indica únicamente cuando su densidad es tal que no permita conservar una alta precisión en el trazo de las curvas de nivel, sin importar que se trate de selva o bosques.

Asimismo, se representan los patrones genéricos de las áreas dedicadas al cultivo.

De esta forma se observa que la zona del Aeropuerto se puede calificar como sensiblemente plana presentando una ligera pendiente en dirección Este, no detectándose en el campo problemas de drenaje, ni problemas en cuanto a obstáculos cercanos; a pesar de que la zona se encuentra precisamente en las faldas orientales de los volcanes Popocatepetl e Iztacchhuatl.

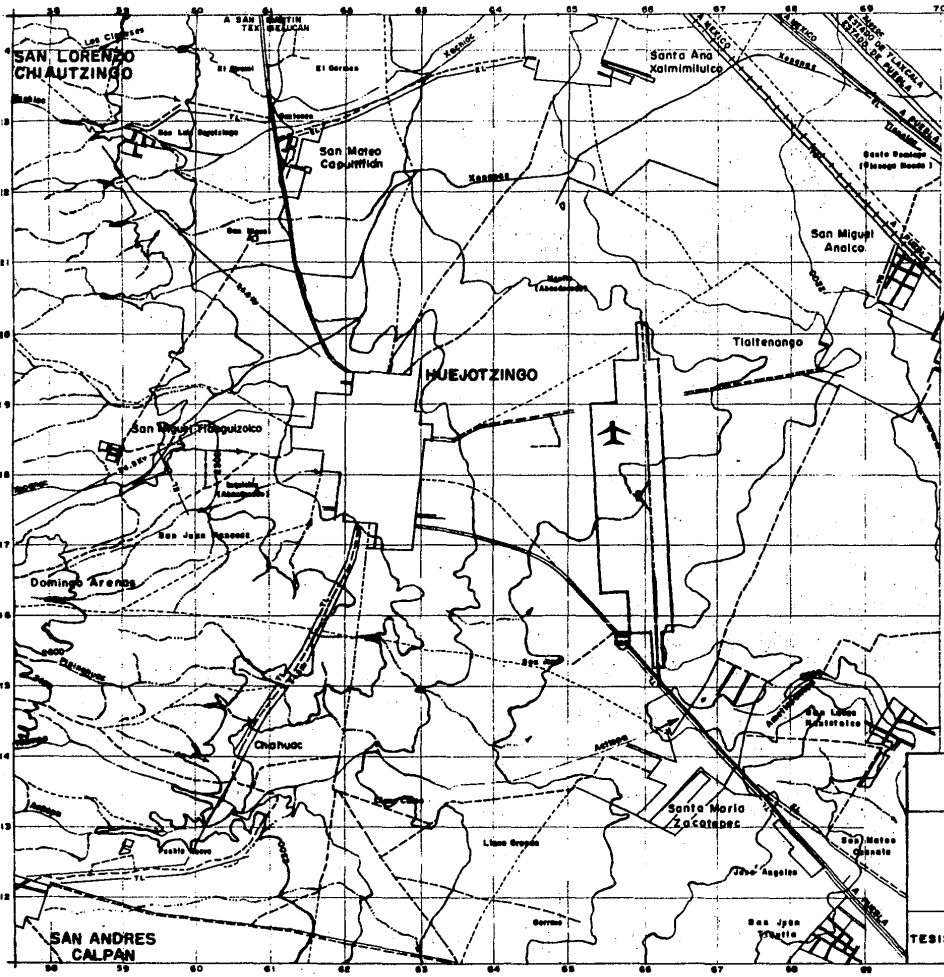
La pista se localiza a 30 km de la ciudad de Puebla y a una altitud de 2,250 m.

La zona es atravesada por corrientes de agua que en su mayor parte son intermitentes como son: los arroyos Xopanac, Actiopa, Amatlapanaca y Xochiac y corrientes constantes como el río Atoyac. También la cruzan líneas de telégrafo, teléfono, gaseoductos y líneas de corriente eléctrica, al noroeste de la pista cruza el ferrocarril México-Puebla.

El Aeropuerto está comunicado con Puebla por carretera así como con San Martín Texmelucan, Cholula, Huejotzingo y México; y con poblaciones más pequeñas por caminos de terracerías como: Santa Ana Xalmimilulco, San Francisco Tepeyecac, San Andrés Calpan, Tlaltelango, etc.

El poblado más cercano al Aeropuerto es Huejotzingo y está comunicado mediante el camino de acceso del Aeropuerto que entronca con la carretera Federal 190 con dirección a San Martín Texmelucan o también se puede comunicar por un camino de terracería llamado "Camino Real de San Pedro Tlaltenango".

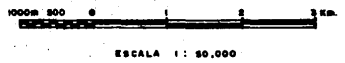
En la carta topográfica también se observa la existencia de cerros que en potencia pueden ser utilizados como bancos de materiales para la pavimentación del Aeropuerto como lo son: El Tepeyecac, el Zapotecas, San José Atoyantenco, San Miguel del Milagro, San Bernabé, San Bernardino, Comalo, Santa María Acuesomac, Xaltepec, Las Derrumbadas, Mendocinas, Xochitecatitla, El Carmen, Caleras, Agua, etc., de igual manera los materiales de las planicies pueden ser de gran ayuda para la formación de terraplenes.



CARTA TOPOGRAFICA

SIMBOLOGIA

- CARRETERA DE MAS DE DOS CARRILES.
- CARRETERA PAVIMENTADA.
- NUMERACION DE RUTA FEDERAL.
- TERRACERIA TRANSITABLE TODO TIEMPO.
- TERRACERIA TRANSITABLE TIEMPO SECO.
- BRECHA . VEREDA .
- F.F.C.C.
- AEROPUERTO
- LINEA TELEGRAFICA .
- LINEA ELECTRICA .
- CURVA DE NIVEL ACOTADA EN M.
- CURVA DE NIVEL ORDINARIA .
- CORRIENTE PERENNE .
- MANANTIAL CORRIENTE QUE DESAPARECE
- LAGUNA PERENNE .
- PUENTE . TUNEL . PASO A DESNIVEL .



U . N . A . M .

CARTA TOPOGRAFICA

TESIS PROFESIONAL

L . A . A . G .

FIG . 2 . I

2.2.3

INFORMACION GEOLOGICA

La carta geológica forma parte del subsistema de recursos naturales, y su campo específico son las manifestaciones superficiales de la corteza terrestre (litósfera), es decir, los afloramientos o manifestaciones superficiales de roca y sus estructuras, las concentraciones minerales y, en general, las relaciones entre todos los elementos superficiales de dicha corteza.

La geología es la ciencia que se ocupa del estudio de la tierra, de su constitución, origen y desarrollo, y de los procesos que ocurren en ella, sobre todo en su corteza pétrea.

Un mapa geológico de superficie nos permite ordenar tres elementos muy importantes que son: origen, características y distribución espacial y su relación con otros que presenta la naturaleza, tales como el clima y la vegetación por citar algunos. También aparecen los tipos de rocas que afloran en una región. Estos diferentes tipos de roca son señalados con símbolos que nos hablan de su origen, composición e interrelaciones. Aparecen también señaladas las estructuras que conforman a estas unidades y las concentraciones de una o más sustancias útiles que pueden ser explotadas económicamente.

El sitio del Aeropuerto está constituido principalmente por roca volcánica, específicamente es andesita que es una roca ígnea compuesta de alrededor del 75% de feldespatos, plagioclasa y el resto ferromagnesianos. Es importante en forma de lavas, posiblemente derivadas de un magma basáltico por cristalización fraccionada. Las tobas también abundan en la zona. La toba es una ceniza volcánica endurecida hasta convertirse en roca.

Se puede observar que no existen fallas en la zona lo cual es muy importante en la localización del Aeropuerto.

Existen bancos cercanos que previo estudio podrán utilizarse como lo es el cerro Tepyecac que está constituido por andesita y toba andesítica; el San Miguel del Milagro formado por tobas basálticas y brecha volcánica que es una roca endurecida que contiene bloques angulares de lava solidificada relativamente grandes incluidas en una masa de ceniza; el cerro Zapotecas, formado por basálto que es una roca de grano fino en la que predominan los minerales de color oscuro; el cerro Tecajete está formado por brecha basáltica.

Existen algunos otros posibles bancos de materiales volcánicos como los mencionados anteriormente estos bancos son:

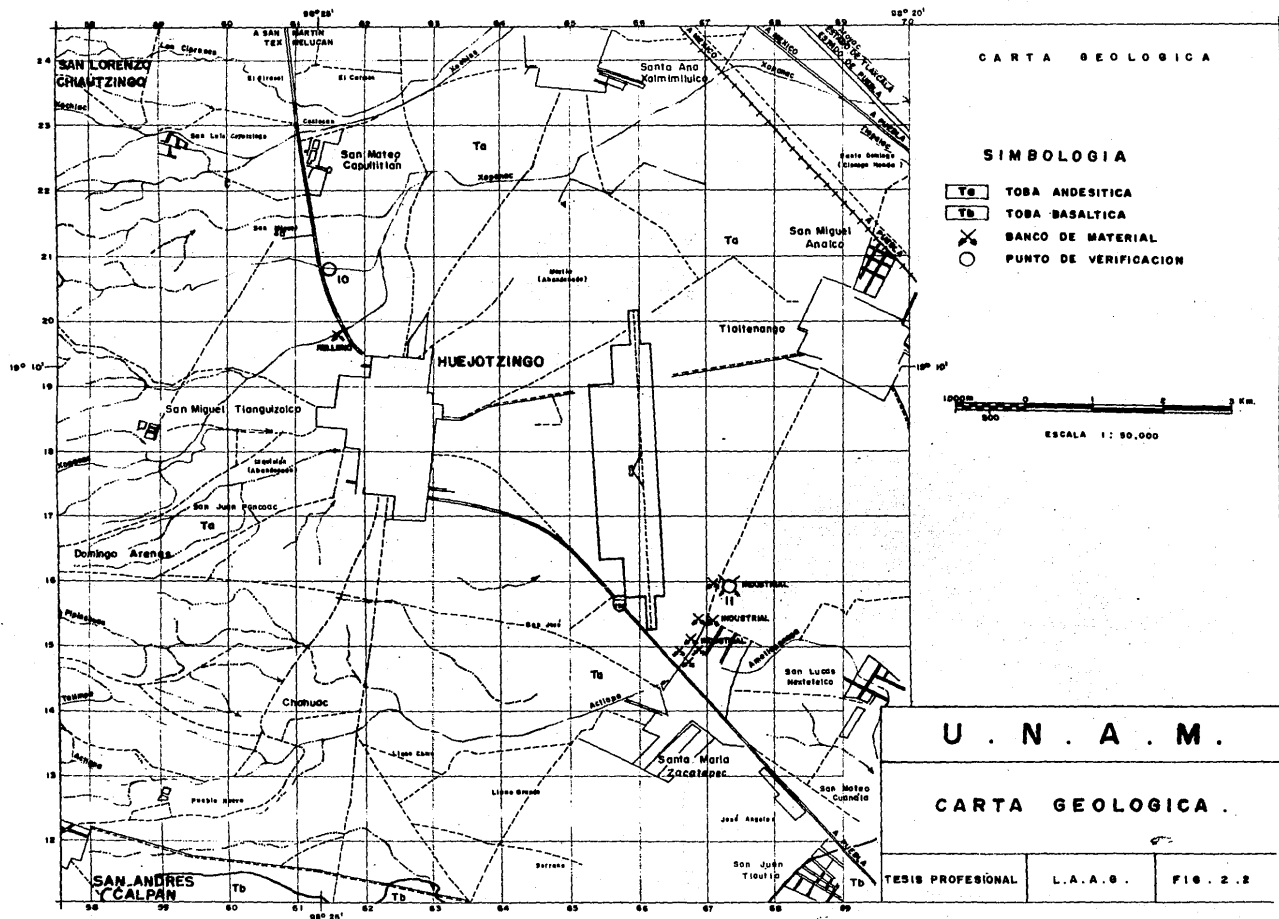
- San Bernabé
- San Bernardino
- Comalo
- Santa María Acusomaca
- Xaltepec
- Mendocinas
- Las Derrumbadas
- Xochitecatitla
- El Carmen
- Caleras, etc.

En el cerro Tecajete existe un punto de verificación por parte de INEGI.

Punto de verificación (1):

Se encontró que el tipo de roca es una brecha volcánica basáltica en espesores de capas masivas, se estima que se originaron en el periodo terciario, el interperismo que presenta es somero así como de permeabilidad media, se recomienda como forma de ataque los explosivos. Actualmente es un banco de préstamo en explotación y el material es tezontle. La unidad subyace a basáltos vesiculares.

(1) El punto de verificación se indica en la carta E14-B42 geológica de INEGI.



**SAN LORENZO
CHAUTZINGO**

A SAN YER
**MARTIN
HELICAN**

Santa Ana
Yaimimilulca

INDUSTRIAL
INDUSTRIAL

San Mateo
Capulitlan

San Miguel
Anasco

HUEJOTZINGO

Tlaltenango

San Miguel
Tiangulzoico

San Juan
Tegacoac

Domingo
Arenas

Chahuac

Santa Maria
Zacatepec

San Lucas
Mestetepec

**SAN ANDRES
YCALPAN**

San Juan
Ticulip

San Mateo
Cudzieca

La carta Edafológica señala la ubicación, extensión y distribución de los suelos del país, clasificándolos según el sistema FAD/UNESCO (1970) con algunas modificaciones.

Entre los suelos típicos de las diversas unidades de clasificación (órdenes y subórdenes) se dan diferencias muy grandes en morfología y entre sus propiedades físicas y químicas, hecho que conduce a que también difieran muy ampliamente a sus posibles usos y formas de aprovechamiento, que pueden ser agrícolas, práticolos, forestales e ingenieriles.

Las modificaciones que se han hecho al sistema consisten, básicamente en agregar subunidades que se han encontrado en el país y que no se consideran en la clave de la FAD, en la castellanización de algunos nombres y en la inclusión del sistema climático modificado por Enriqueta García, para la clasificación de las unidades por clima.

En el sistema FAD/UNESCO se han definido tipos específicos de horizontes A y B, lo mismo que otros especiales como horizontes de acumulación de carbonatos de calcio, que pueden quedar ubicados en diversos niveles del perfil sea en B o en C. A todos se les llama "horizontes diagnósticos". Los órdenes y subórdenes de suelos se definen fundamentalmente en términos de los horizontes diagnósticos que presentan, pero tomando en cuenta al mismo tiempo propiedades físicas y químicas tales como color, textura, pH, saturación con bases, contenido en sales y otros.

Este sistema internacional aceptado considera como elementos para clasificación a las características morfológicas, físicas y químicas de los suelos denominados fases; las primeras apreciables en campo, las segundas susceptibles de determinarse en laboratorio.

Las fases físicas del terreno señalan la presencia de fragmentos de rocas y materiales cementados, los cuales impiden o limitan el uso agrícola del suelo o el empleo de maquinaria agrícola entre otros aspectos. Se pueden dividir en dos tipos: superficiales y de profundidad.

Las fases químicas se refieren a la presencia de sustancias en el suelo que limitan o impiden el desarrollo de los cultivos; comprenden las fases salina y sódica.

Esta información está dirigida principalmente a ingenieros agrícolas, ingenieros agrónomos y químicos agropecuarios, sin embargo, se ha elaborado una serie de cuadros que aportan al ingeniero civil datos de los diversos ordenes de suelos de la clasificación FAO/UNESCO que sirven de guía para su ubicación o identificación y señala características específicas de los mismos con proyecciones para la ingeniería, indicando inclusive el lugar que cada uno ocupa dentro del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).

Las unidades de suelo del sistema son:

Acrisol	Fluvisol	Podzol
Andosol	Gleysol	Podzoluvizol
Arenosol	Histosol	Ranker
Cambisol	Litosol	Regozol
Castañozem	Luvisol	Rendzing
Chernozem	Nitosol	Solonchak
Feozem	Planosol	Solonetz
Ferrasol	Vertisol	Xerosol
		Yermosol.

Ejemplo:

Litosol.- Suelos de menos de 10 cm de espesor sobre roca o tepetate. No son aptos para cultivos de ningún tipo y sólo pueden destinarse a pastoreo.

Ferrasol.- Suelos con horizonte B Oxico. Son propios de zonas tropicales, de colores rojos o amarillos, de fertilidad baja y propensos a tornarse infértiles si se les dedica a la agricultura. Deben destinarse a la explotación de la selva que sustentan.

La zona del Aeropuerto se caracteriza por ser un suelo del tipo Re + Hh/1 que es una mezcla de dos tipos de suelo.

Regosol.- Del griego rregos; manto, cobija. Denominación connotativa de la capa del material suelto que cubre la roca.

Son suelos que se pueden encontrar en muy distintos climas y con diversos tipos de vegetación, se caracteriza por no presentar capas distintas.

En general, son claros y se parecen bastante a la roca que lo subyace, cuando no son profundos, se encuentran en las playas, dunas, y en mayor o menor grado en las laderas de todas las sierras mexicanas, muchas veces acompañadas de litosoles y afloramientos de roca o tepetate. Frecuentemente son someros, su fertilidad es variable y su uso agrícola está principalmente condicionado a su profundidad y al hecho de que no presentan pedregosidad. Son de susceptibilidad variable a la erosión, su símbolo es R.

La subunidad que compone este suelo es el Eutrico (del griego eu:bueno). Son de fertilidad o moderada o alta. Su símbolo es Re.

El segundo tipo de suelo es Hh, la unidad es Feozem (del griego phaco:pardo; y del ruso zemlja: tierra; literalmente tierra parda). Son suelos que se encuentran en varias condiciones climáticas, desde zonas semiáridas, hasta templadas o tropicales muy lluviosas, así como terrenos desde planos hasta montañosos, pueden presentar casi cualquier tipo de vegetación en condiciones naturales; su característica principal es una capa superficial obscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes.

Los Feozems son suelos abundantes en nuestro país, y los usos que se le dan son variados, en función del clima y relieve, muchos feozems profundos y situados en terrenos planos se utilizan en agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas. Su símbolo es H. La subunidad que compone este suelo es Háplico (del griego haplos: simple) tienen sólo las características descritas para la unidad de feozem. Sus posibles utilizaciones, productividad y tendencia a la erosión, dependen también de los factores que se han detallado para todos los Feozems. Su símbolo es (Hh).

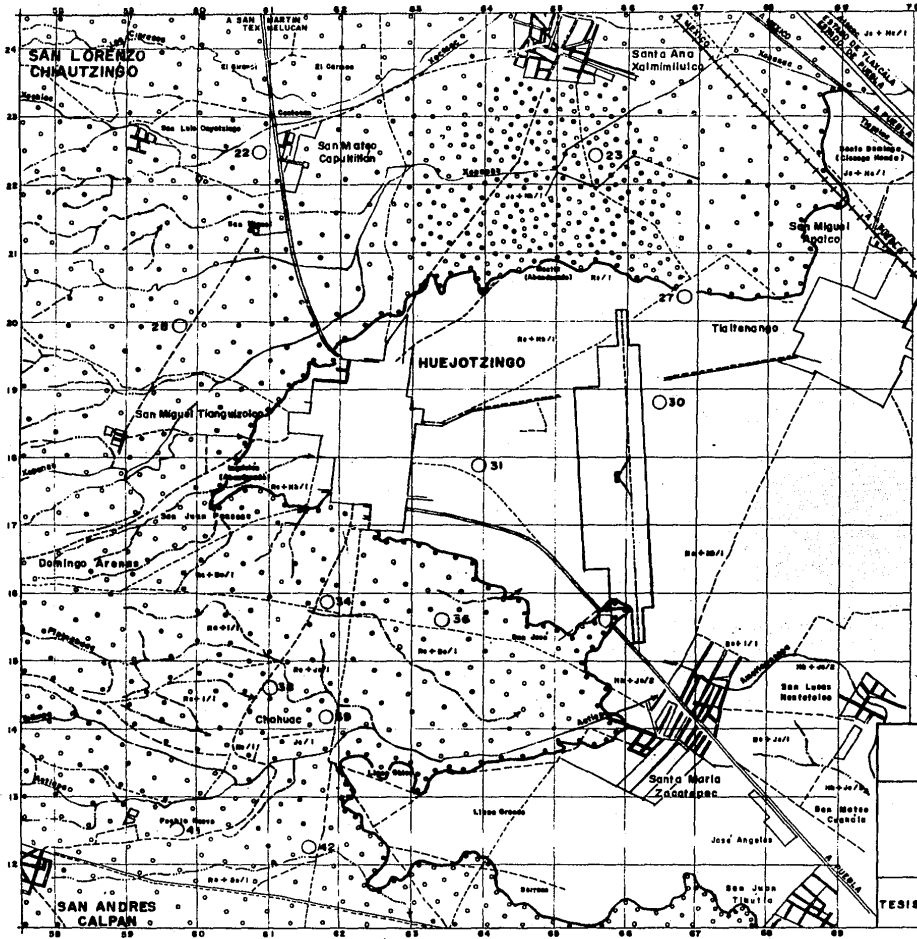
Existe un punto de verificación exactamente en la zona del Aeropuerto por parte de INEGI que se detalla a continuación:

El punto de verificación es el número 31 en la carta denominada Huejotzingo. El horizonte A tiene una profundidad mayor a 1 m y un espesor de 45 cm aproximadamente; la reacción a el ácido clorhídrico es nula, es de textura gruesa, la forma de la estructura es en bloques, el tamaño es fino y de desarrollo moderado. El horizonte B tiene reacción nula con el ácido clorhídrico, es de textura gruesa, la forma de la estructura es de bloques, es de tamaño medio y desarrollo moderado.

Es importante aclarar que el ingeniero civil no tiene necesidad de saber o entender la clasificación FAO/UNESCO ya que gracias a estudios realizados se ha logrado hacer una traducción al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), ampliamente conocido por el ingeniero civil.

A continuación se muestran las tablas que nos facilitarán la traducción al SUCS.

FEOZEM (H)		SUB UNIDAD	1	Glâyco (Hg)	Lúvico (Hl)	Calcarico (Mc)	Háplico (Hh)
MÉDIO AMBIENTE	ORIGEN VEGETACION PAISAJE CLIMA	Arizón	1				
		Yamú	2				
		Imataca sub-bumeda	3				
		Imataca húmeda	4				
		Trapiqui con stracipis roza	5				
		Virapú con virapú verde	6				
		Viré	7				
		Misasa, parúyaco	8				
		Vañóna	9				
		Lomario	10				
		Lianuca, yacupa	11				
		Lianuca, yacupa	12				
		Lianuca, yacupa	13				
		Beje	14				
		Liferec	15				
		Macuco	16				
		Saia	17				
		Palestos	18				
		Manatí	19				
		Capayari	20				
		Metacari	21				
		Parúyaco	22				
		Parúyaco	23				
		Parúyaco	24				
		Parúyaco	25				
		Parúyaco	26				
		Parúyaco	27				
Parúyaco	28						
Parúyaco	29						
Parúyaco	30						
Parúyaco	31						
Parúyaco	32						
Parúyaco	33						
Parúyaco	34						
Parúyaco	35						
Parúyaco	36						
Parúyaco	37						
Parúyaco	38						
Parúyaco	39						
Parúyaco	40						
Parúyaco	41						
Parúyaco	42						
Parúyaco	43						
Parúyaco	44						
Parúyaco	45						
Parúyaco	46						
Parúyaco	47						
Parúyaco	48						
Parúyaco	49						
Parúyaco	50						
Parúyaco	51						
Parúyaco	52						
Parúyaco	53						
Parúyaco	54						
Parúyaco	55						
Parúyaco	56						
Parúyaco	57						
Parúyaco	58						
Parúyaco	59						
Parúyaco	60						
Parúyaco	61						
Parúyaco	62						
Parúyaco	63						
Parúyaco	64						
Parúyaco	65						
Parúyaco	66						
Parúyaco	67						
Parúyaco	68						
Parúyaco	69						
Parúyaco	70						
Parúyaco	71						
Parúyaco	72						
Parúyaco	73						
Parúyaco	74						
Parúyaco	75						
Parúyaco	76						
Parúyaco	77						
Parúyaco	78						
Parúyaco	79						
Parúyaco	80						
Parúyaco	81						
Parúyaco	82						
Parúyaco	83						
Parúyaco	84						
Parúyaco	85						
Parúyaco	86						
Parúyaco	87						
Parúyaco	88						
Parúyaco	89						
Parúyaco	90						
Parúyaco	91						
Parúyaco	92						
Parúyaco	93						
Parúyaco	94						
Parúyaco	95						
Parúyaco	96						
Parúyaco	97						
Parúyaco	98						
Parúyaco	99						
Parúyaco	100						
Parúyaco	101						
Parúyaco	102						
Parúyaco	103						
Parúyaco	104						
Parúyaco	105						
Parúyaco	106						
Parúyaco	107						
Parúyaco	108						
Parúyaco	109						
Parúyaco	110						
Parúyaco	111						
Parúyaco	112						
Parúyaco	113						
Parúyaco	114						
Parúyaco	115						
Parúyaco	116						
Parúyaco	117						
Parúyaco	118						
Parúyaco	119						
Parúyaco	120						
Parúyaco	121						
Parúyaco	122						
Parúyaco	123						
Parúyaco	124						
Parúyaco	125						
Parúyaco	126						
Parúyaco	127						
Parúyaco	128						
Parúyaco	129						
Parúyaco	130						
Parúyaco	131						
Parúyaco	132						
Parúyaco	133						
Parúyaco	134						
Parúyaco	135						
Parúyaco	136						
Parúyaco	137						
Parúyaco	138						
Parúyaco	139						
Parúyaco	140						
Parúyaco	141						
Parúyaco	142						
Parúyaco	143						
Parúyaco	144						
Parúyaco	145						
Parúyaco	146						
Parúyaco	147						
Parúyaco	148						
Parúyaco	149						
Parúyaco	150						
Parúyaco	151						
Parúyaco	152						
Parúyaco	153						
Parúyaco	154						
Parúyaco	155						
Parúyaco	156						
Parúyaco	157						
Parúyaco	158						
Parúyaco	159						
Parúyaco	160						
Parúyaco	161						
Parúyaco	162						
Parúyaco	163						
Parúyaco	164						
Parúyaco	165						
Parúyaco	166						
Parúyaco	167						
Parúyaco	168						
Parúyaco	169						
Parúyaco	170						
Parúyaco	171						
Parúyaco	172						
Parúyaco	173						
Parúyaco	174						
Parúyaco	175						
Parúyaco	176						
Parúyaco	177						
Parúyaco	178						
Parúyaco	179						
Parúyaco	180						
Parúyaco	181						
Parúyaco	182						
Parúyaco	183						
Parúyaco	184						
Parúyaco	185						
Parúyaco	186						
Parúyaco	187						
Parúyaco	188						
Parúyaco	189						
Parúyaco	190						
Parúyaco	191						
Parúyaco	192						
Parúyaco	193						
Parúyaco	194						
Parúyaco	195						
Parúyaco	196						
Parúyaco	197						
Parúyaco	198						
Parúyaco	199						
Parúyaco	200						
Parúyaco	201						
Parúyaco	202						
Parúyaco	203						
Parúyaco	204						
Parúyaco	205						
Parúyaco	206						
Parúyaco	207						
Parúyaco	208						
Parúyaco	209						
Parúyaco	210						
Parúyaco	211						
Parúyaco	212						
Parúyaco	213						
Parúyaco	214						
Parúyaco	215						
Parúyaco	216						
Parúyaco	217						
Parúyaco	218						
Parúyaco	219						
Parúyaco	220						
Parúyaco	221						
Parúyaco	222						
Parúyaco	223						
Parúyaco	224						
Parúyaco	225						
Parúyaco	226						
Parúyaco	227						
Parúyaco	228						
Parúyaco	229						
Parúyaco	230						
Parúyaco	231						
Parúyaco	232						
Parúyaco	233						
Parúyaco	234						
Parúyaco	235						
Parúyaco	236						
Parúyaco	237						
Parúyaco	238						
Parúyaco	239						
Parúyaco	240						
Parúyaco	241						
Parúyaco	242						
Parúyaco	243						
Parúyaco	244						
Parúyaco	245						
Parúyaco	246						
Parúyaco	247						
Parúyaco	248						
Parúyaco	249						
Parúyaco	250						
Parúyaco	251						
Parúyaco	252						
Parúyaco	253						
Parúyaco	254						
Parúyaco	255						
Parúyaco	256						
Parúyaco	257						
Parúyaco	258						
Parúyaco	259						
Parúyaco	260						
Parúyaco	261						
Parúyaco	262						
Parúyaco	263						
Parúyaco	264						
Parúyaco	265						
Parúyaco	266						
Parúyaco	267						
Parúyaco	268						



CARTA EDAFOLOGICA

SIMBOLOGIA

UNIDADES DE SUELO

FEOZEM	H
Haplico	Hh
FERRASOL	F
LITOSOL	I
FLUVIOSOL	J
Eufrico	Je
REGOSOL	R
Eufrico	Re

CLASE TEXTURAL

EN LOS 30cm SUPERFICIALES DEL SUELO

GRUESA	1
MEDIA	2
FINA	3

PUNTO DE VERIFICACION



ESCALA 1:50,000

U . N . A . M .

CARTA EDAFOLOGICA

TESIS PROFESIONAL	L.A.A.G.	FIG. 2.3
-------------------	----------	----------

La información proporcionada por INEGI en esta carta es precisamente la de clasificar los tipos de suelo y el uso que se da a cada uno de ellos.

Los suelos se clasifican como sigue:

I.- SUELOS PARA AGRICULTURA. La delimitación de las zonas agrícolas se basa primeramente en la disponibilidad de agua para los cultivos, indicándose si es de temporal, nómada, riego, riego eventual o riego suspendido.

A su vez, los suelos para agricultura se dividen en:

-Agricultura de temporal "T". Son aquellos terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos, depende del agua de lluvia, incluyendo los conocidos como de agricultura de humedad y que se siembra en un 80% de los años.

-Agricultura nómada "N". Son áreas que se cultivan por periodos comprendidos entre 1 y 5 años, por diferentes motivos se abandonan.

-Agricultura de riego "R". Aquellas áreas donde el ciclo vegetativo de los cultivos está asegurado mediante el agua de riego en un 80% de los años, bien sea por gravedad, bombeo, aspersión, goteo o cualquier otra técnica.

-Riego eventual "Re". Aquellos terrenos donde el riego no está asegurado totalmente, durante el ciclo vegetativo del cultivo, pero si es posible dar uno o más riegos de auxilio o de punteo.

-Riego suspendido "[R]". Son áreas en las cuales anteriormente se desarrollaba una agricultura de riego, pero en la actualidad no es posible irrigarlas; en ocasiones cuentan con bordos, canales y otros tipos de obras.

-Cultivos anuales "A". Aquellos que permanecen en el terreno un periodo variable menor a 1 año, pudiendo o no existir rotación entre ellos.

-Cultivos permanentes "P". Aquellos que permanecen en el terreno por un período prolongado, generalmente por más de 10 años, como: árboles frutales, cultivo de nopal, maguey, etc.

-Cultivos semipermanentes "S". Los que permanecen en el terreno un período variable entre 2 y 10 años como: alfalfa, pifa, caña de azúcar, etc.

II.- PASTIZALES. Se incluyen bajo este concepto aquellas áreas cuya vegetación fisonómicamente dominante es la graminoide, pudiendo encontrarse asociada con otros tipos de vegetación.

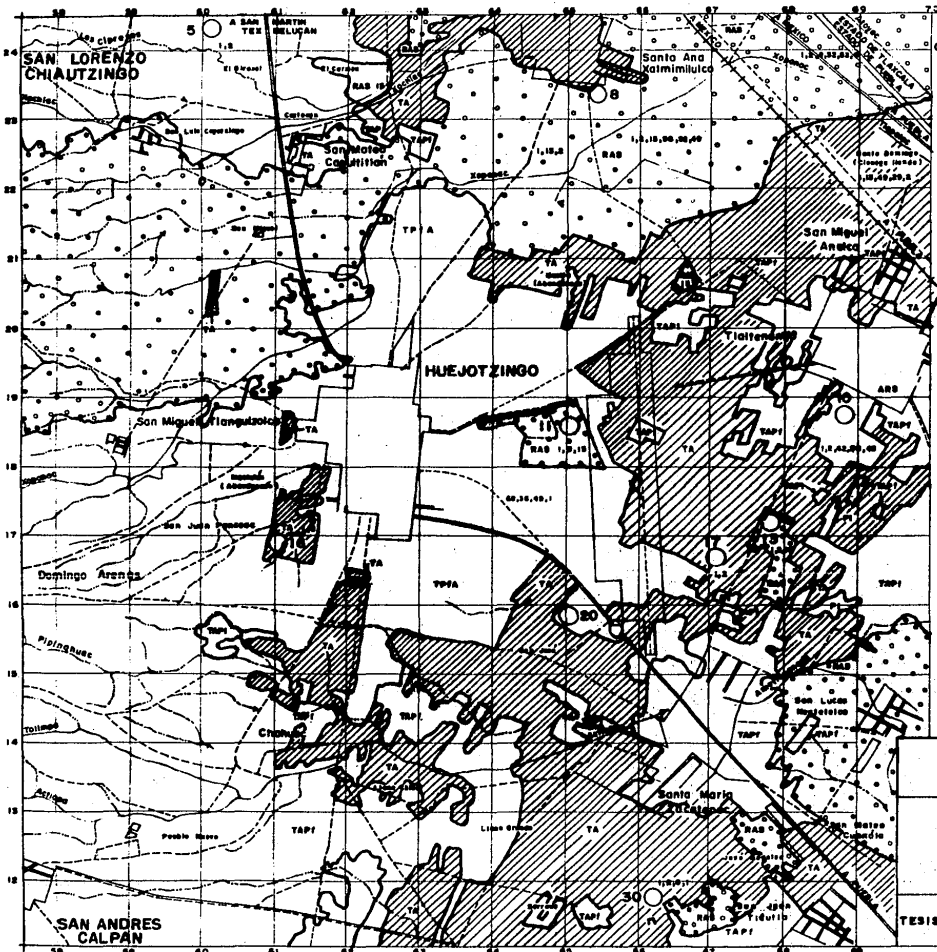
III.- BOSQUES. Vegetación arbórea principalmente de las regiones templadas y semifrías con diferentes grados de humedad; por lo común con poca variación de especies y frecuentemente con pocos bejucos o sin ellos. Se considera como producto de clima y suelo de una región; en la cual no han influido sensiblemente otros factores para su establecimiento.

IV.-SELVAS. Vegetación arbórea generalmente de climas cálido, húmedo y subhúmedo, compuesta por la mezcla de un gran número de especies, muchas de las cuales presentan contrafuertes, como bejucos, lianas y epifitias; frecuentemente con árboles espinosos dominantes.

V.-MATORRALES. Vegetación arbustiva que generalmente presenta ramificación desde la base del tallo, cerca de la superficie del suelo y con altura variable pero casi siempre menos de 4 metros.

El uso de suelo observado en la carta es de agricultura de riego con cultivos anuales y semipermanentes, en donde predominan los cultivos de maíz, frijol y alfalfa.

En esta zona existe un punto de verificación que confirma que el tipo de agricultura es eventual por medio de bombeo con cultivos semipermanentes, y anuales por medio de tractor principalmente, aunque también se utiliza la tracción animal y el método manual. Los principales cultivos de la zona son: habano, frijol, maíz, manzana y alfalfa, la plaga que predomina es la larva.



CARTA DE USO DEL SUELO

RESER RAS TA TPIA

SIMBOLOGIA

- AGRICULTURA DE TEMPORAL T
- AGRICULTURA NOMADA N
- AGRICULTURA DE HUMEDAD H
- AGRICULTURA DE RIESGO R
- AGRICULTURA CON RIESGO EVENTUAL Re
- RIESGO SUSPENDIDO (R)

- CULTIVOS ANUALES A
- CULTIVOS SEMIPERMANENTES S
- CULTIVOS PERMANENTES P

- BOSQUES B
- GYAMEL a
- CEDRO BLANCO b
- CARPINUS d
- EUCALIPTO 9
- ENSELHARDTIA f

PUNTO DE VERIFICACION ○

- MAIZ 1 FRIJOL 2
- ALFALFA 13

U . N . A . M .

CARTA USO DEL SUELO

TESIS PROFESIONAL

L. A. A. G.

FIG. 2.4

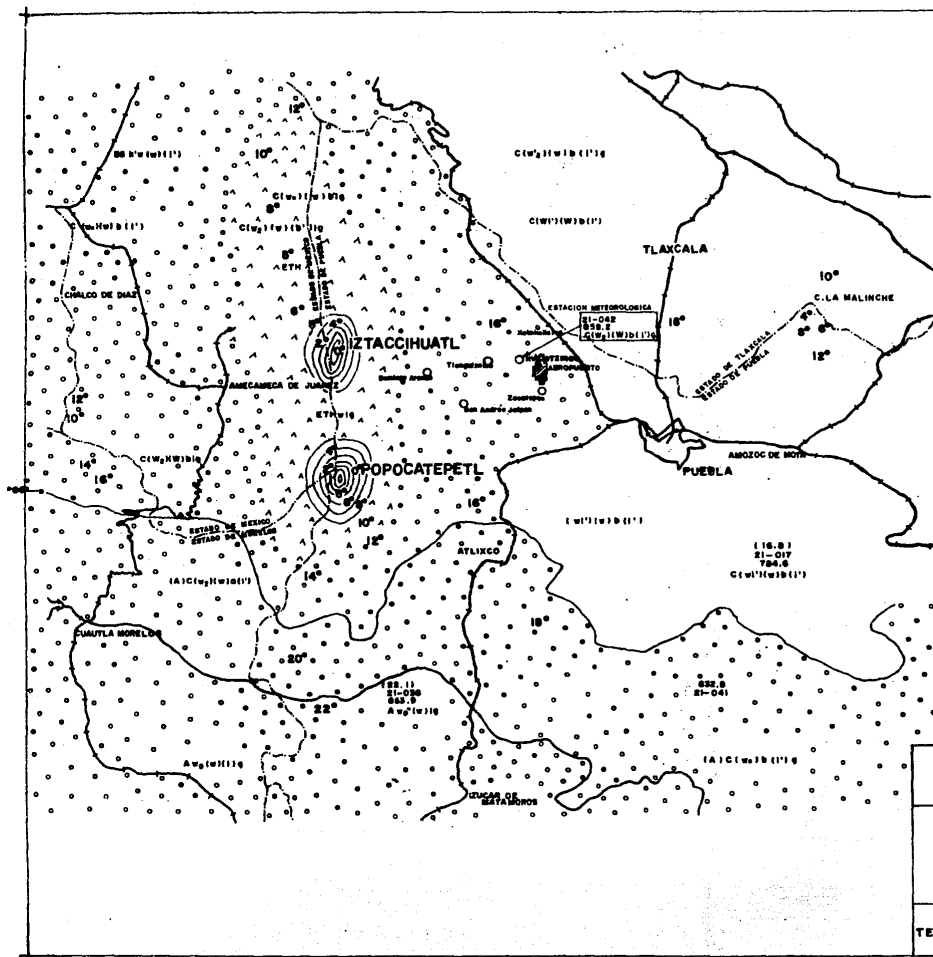
El Instituto de geografía de la UNAM ha elaborado la carta de climatología basado en el sistema de clasificación de Koppen el cual fue modificado en 1964 por la Doctora Enriqueta García para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana.

En México están representados cuatro grupos climáticos que se dividen en varios subgrupos, tipos y subtipos. A continuación se describen someramente:

- A.- Grupo de climas cálidos, temperatura media anual $> 22^{\circ}\text{C}$ y la del mes más frío $> 18^{\circ}\text{C}$.
- C.- Grupo de climas templados húmedos, temperatura media del mes más frío entre -3 y 18°C . y la del mes más caliente $> 6.5^{\circ}\text{C}$.
- B.- Grupo de climas secos cuyos límites entre los secos y los húmedos se establecen por medio de formas que relacionan la precipitación anual con la temperatura y con el régimen de lluvias.
- E.- Grupo de climas fríos, temperatura media del mes más caliente $< 6.5^{\circ}\text{C}$.

Se puede observar en esta carta que la zona del Aeropuerto se clasifica C (w2) (w) b (i') g lo cual indica que se encuentra en el grupo de climas templados húmedos, en el subgrupo de climas templados con una temperatura media anual entre 12 y 18°C . y la del mes más frío entre -3 y 18°C .

Por su régimen de lluvias C (w2) se clasifica en el tipo más húmedo de los templados subhúmedos con lluvias en verano relación precipitación entre temperatura (P/T) > 55 y en subtipo C (w2) w de lluvias invernales relación (P/T) < 5 de la anual con verano fresco largo, temperatura media del mes más caliente entre 6.5 y 22°C (b) y con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 5 y 7°C (i').



SISTEMA DE CLASIFICACION CLIMATICA DE KÖPPEN MODIFICADO POR E. GARCIA.

C GRUPO DE CLIMAS TEMPLADOS HUMEDOS — (TEMPERATURA MEDIA DEL MES MAS FRIO ENTRE -3 Y 18°C , LA DEL MES MAS CALIENTE MAYOR A 6.5°C .

C(W₂) SUBGRUPO DE CLIMAS TEMPLADOS, "C" POR SU REGIMEN DE LLUVIAS Y SU GRADO DE HUMEDAD, ES EL MAS HUMEDO DE LOS TEMPLADOS, SUBHUMEDOS CON LLUVIA EN VERANO, RELACION PRECIPITACION TEMPERATURA P/T MAYOR A 55 .

W A CONTINUACION DE LA PRIMERA "W" INDICA UN PORCENTAJE DE LLUVIA INVERNAL MENOR A 5 DE LA ANUAL : C(W₂)(W) .

b VERANO FRESCO LARGO, TEMPERATURA MEDIA DEL MES MAS CALIENTE ENTRE : 6.5 Y 22°C .

(1') POCA OSCILACION ANUAL DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS ANUALES ENTRE 3 Y 7°C .

g INDICA MARCHA DE LA TEMPERATURA TIPO GANGES SI EL MES MAS CALIENTE -- DEL AÑO ES ANTES DE JUNIO .

NOTA: TODAS LAS LETRAS E INDICES ENTRE -- PARENTESIS SON LAS MODIFICACIONES -- HECHAS AL SISTEMA ORIGINAL KÖPPEN .

U . N . A . M .		
CARTA CLIMATICA		
TESIS PROFESIONAL	L. A. A. O.	FIG. 2.5

ESTUDIO METEOROLOGICO PARA EL AEROPUERTO DE PUEBLA, PUE.

Temperaturas en °C

MESES	PROMEDIO	MINIMA EXTREMA	MAXIMA EXTREMA	PROMEDIO MAXIMA	PROMEDIO MINIMA
Enero	12.9	0.0	24.0	17.1	8.5
Febrero	14.1	1.0	26.0	19.0	9.1
Marzo	16.3	4.0	29.0	21.6	10.4
Abril	16.7	-7.0	37.0	22.2	10.9
Mayo	17.5	-1.0	37.0	22.9	11.7
Junio	17.4	-11.0	28.0	21.5	13.6
Julio	17.5	9.0	27.0	21.3	13.8
Agosto	18.4	8.0	29.0	21.7	15.5
Sept	17.4	7.0	27.0	20.8	14.2
Octubre	16.5	4.0	27.0	20.5	12.8
Noviembr	14.5	2.0	26.0	18.9	9.8
Diciembr	13.1	1.0	23.0	17.8	8.4
ANUAL	16.0	-11.0	37.0	20.4	11.6

NOTA: EL PERIODO DE EVALUACIONES ATMOSFERICAS CORRESPONDEN AL PERIODO COMPRENDIDO DE AGOSTO DE 1973 A ENERO DE 1982

TABLA 2.3

ESTUDIO METEOROLOGICO PARA EL AEROPURTO DE PUEBLA, PUE.

PRECIPITACION PLUVIAL EN MILIMETROS

MESES	ACUMULADO MENSUAL	PROMEDIO HORARIA	MAXIMA EXTREMA EN 24 h	MAXIMA EXTREMA EN 1 h
Enero	104.4	12.7	193.8	86.7
Febrero	81.9	17.0	214.2	71.4
Marzo	248.0	33.1	158.1	153.0
Abril	143.0	28.7	172.5	127.5
Mayo	671.6	37.7	294.6	294.6
Junio	1728.1	48.4	576.6	556.3
Julio	1560.7	48.5	441.5	292.1
Agosto	1721.9	42.0	617.2	340.4
Septiembre	1588.1	37.3	731.9	355.6
Octubre	740.7	47.8	355.6	218.4
Noviembre	197.3	29.8	223.6	209.1
Diciembre	54.3	20.2	66.3	40.6
ANUAL	8840.0	33.6	731.9	556.3

NOTA: EL PERIODO DE EVALUACIONES ATMOSFERICAS CORRESPONDEN AL PERIODO COMPRENDIDO DE AGOSTO DE 1973 A ENERO DE 1982

TABLA 2.4

ESTUDIO METEOROLOGICO PARA EL AEROPUERTO DE PUEBLA, PUE.

HUMEDAD RELATIVA EN %

MESES	PROMEDIO MENSUAL
Enero	65.9
Febrero	58.4
Marzo	53.2
Abril	56.6
Mayo	62.0
Junio	70.6
Julio	74.7
Agosto	78.4
Septiembre	78.2
Octubre	76.2
Noviembre	69.6
Diciembre	69.6
ANUAL	67.8

PRESION ATMOSFERICA EN mm Hg

PROMEDIO: 59
A.S.N.M.: 2236 m

NOTA: EL PERIODO DE EVALUACIONES ATMOSFERICAS CORRESPONDEN AL PERIODO COMPRENDIDO DE AGOSTO DE 1973 A ENERO DE 1982.

TABLA 2.5

RESUMEN DE RESULTADOS

FISIOGRAFICA.-

Provincia: Sierra Madre del Sur.
 Subprovincia: Lagos y volcánes de Anáhuac
 Clase de sistema de Topoforma: Sierra.
 Tipo de sistema de Topoformas: Alta compleja.
 Material: Rocas intrusivas: granitos y rocas metamórficas.

TOPOGRAFICA.-

Zona sensiblemente plana, conectada por carretera, poblados cercanos; Huejotzingo San Martín Texmelucan, Puebla.
 Cerros que pueden ser utilizados como bancos de materiales: El Tepeyecac, El Zapotecas, San José Atoyatenco, San Miguel del Milagro, San Bernabé, San Bernardino, Comalo, Santa María Acuesomac, Xaltepec, Las Derrumbadas, Xochitecatitla, Caleras, Mendocinas, El Carmen, etc.

GEOLOGICA.-

El sitio del Aeropuerto está constituido por rocas volcánicas: Andesitas y Tobas. Existen posibles bancos cercanos que contienen materiales como: Tobas andesíticas, Basalto, Andesita, Tobas Basálticas y Brechas volcánicas.
 Se recomienda como forma de ataque los explosivos en las rocas masivas.

EDAFOLOGICA.-

La zona del Aeropuerto se caracteriza por ser un suelo de Regosol y Feozem.
 Unidad: Regosol
 Subunidad: Eutrico
 Suelo de fertilidad moderada o alta
 Unidad: Feozem
 Subunidad: Háptico
 Suelos para agricultura de riego o temporal. Las tablas FAO/UNESCO-SUCS indican que la unidad Regosol representa suelos de gravas, arenas y limos (GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, SC, y ML); y la unidad Feozem representa limos y arcillas (OL y OH).

USO DE SUELO.-

El uso de suelo que se da en esta zona es de agricultura de riego con cultivos anuales y semipermanentes, donde predominan los cultivos de maíz, frijol y alfalfa.

CLIMATOLOGICA.-

La zona del Aeropuerto se encuentra en el grupo de climas templados, húmedos, en el subgrupo de climas templados con una temperatura media anual entre 12 y 18 °C y la del mes más frío entre -3 y 18 °C. Por su régimen de lluvias se clasifica en el tipo más húmedo de los templados subhúmedos con lluvias en verano con poca oscilación anual de las temperaturas medias anuales entre 5 y 7 °C. Precipitaciones anuales entre 300 y 1000 mm

HIDROLOGICA.-

La zona de estudio se encuentra dentro de la región hidrológica RH 28 en la cuenca hidrológica A, dentro del distrito de riego DR 56 Atoyac-Zahuapan. Las principales corrientes son: el río Huehuetlán, el río Mixteco y el río Nexapa, Xopanac, Kochiac, Pipinahuac, Tlapalac, Actiopa, Ametlapanapa, etc.

2.3 ESTUDIO DE CAMPO

2.3.1

POZOS A CIELO ABIERTO (pca)

Dentro de los métodos de exploración es el más satisfactorio para conocer las condiciones del suelo, ya que consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda directamente bajar y examinar los diferentes estratos del suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al suelo.

Una limitante de esta prueba es que no puede lograrse a grandes profundidades a causa, sobre todo, del nivel de aguas freáticas ya que el flujo de agua hacia el pozo presenta serios problemas en especial el de poder evitar este flujo, otro serio limitante es el tipo de terreno, ya que si este es de extremada dureza encarece los costos, o por el contrario, el vernos obligados a utilizar ademes además de excesivos traspaleos a causa de la profundidad.

Se recomienda que siempre que se haga un pozo a cielo abierto (pca) se lleve un registro completo de las condiciones del suelo durante la excavación, hecho por un técnico conocedor.

Si se requiere ademe en el pozo puede usarse madera o acero; por lo regular el ademe se hace con tablonces verticales.

De estos pozos se pueden tomar muestras alteradas o inalteradas de los diferentes estratos que se hayan encontrado (la descripción más detallada de muestras se menciona en el inciso 2.3.3).

Uno de los costos más importantes en la construcción y mantenimiento de vías terrestres corresponde a los materiales, con los que se construyen dichas vías (roca, grava, arena) lo que hace su localización y selección se convierta en uno de los problemas básicos del ingeniero civil, en conexión estrecha con el geólogo.

Localizar un banco es más que descubrir un lugar donde exista un volumen alcanzable y explotable de suelo o roca que pueda emplearse en la construcción de una vía terrestre, satisfaciendo las especificaciones de calidad del proyecto. El problema tiene otras muchas implicaciones. Ha de garantizarse que los bancos elegidos son los mejores entre todos los disponibles en varios aspectos que se interrelacionan. En primer lugar, en lo que se refiere a la calidad de los materiales extraíbles, juzgada en relación estrecha con el uso a que se dedicarán. En segundo lugar tienen que ser lo más fácilmente accesibles y los que se puedan explotar por los procedimientos más eficientes y menos costosos. En tercer lugar, tienen que ser los que produzcan las mínimas distancias de acarreo de los materiales a la obra.

Además tienen que ser los que produzcan los procedimientos constructivos más sencillos y económicos durante su tendido y colocación final en la obra, requiriendo los mínimos tratamientos.

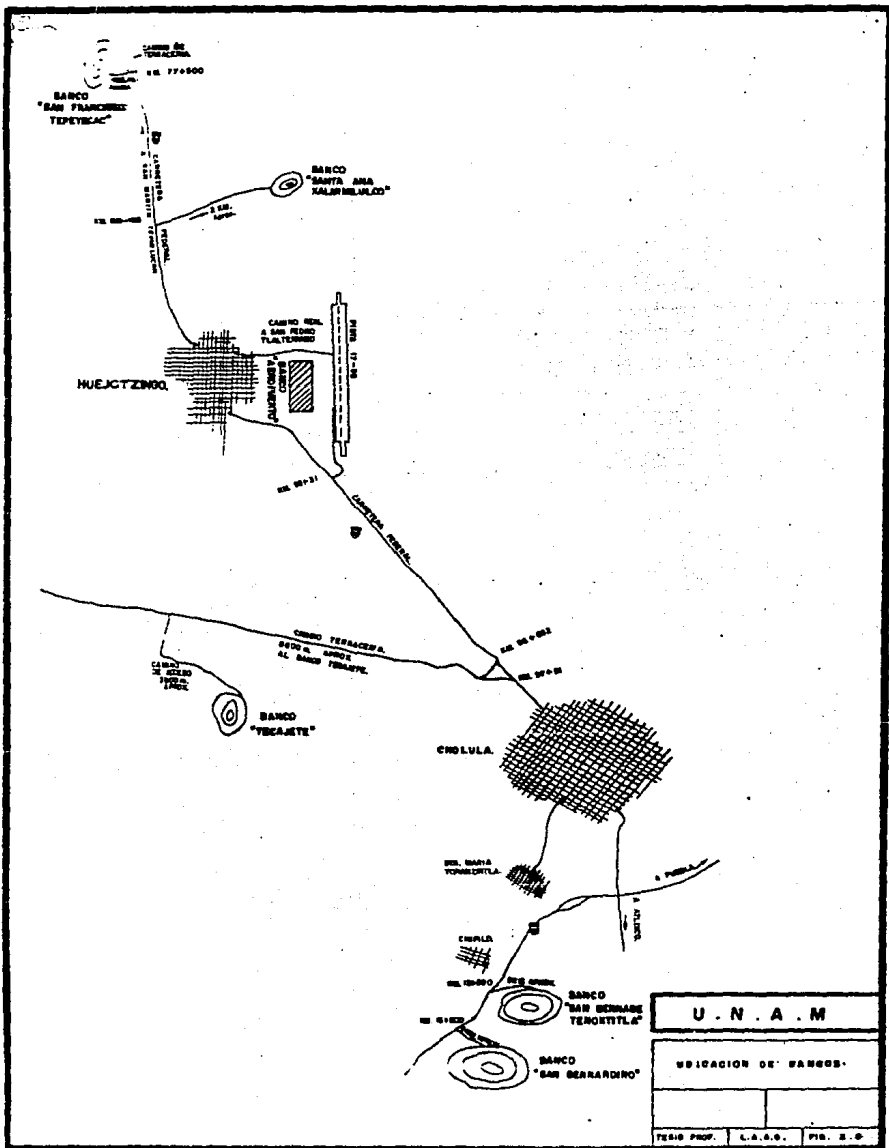
Finalmente pero no menos importante, los bancos deben estar localizados de tal manera que su explotación no conduzca a problemas legales de difícil o lenta solución y que no perjudiquen a los habitantes de la región.

La búsqueda y localización de bancos de materiales puede hacerse principalmente por fotointerpretación o por reconocimientos terrestres directos; estos últimos pueden auxiliarse, a su vez, por la fotointerpretación o por métodos de prospección geofísica.

En la zona de préstamo para terracerías y capa subrasante, así como en los bancos de materiales susceptibles de usarse en la construcción de los pavimentos, se realizarán muestreos a cielo abierto con cincel y marro en muestras de roca para así disponer de materiales para su análisis en el laboratorio.

Las muestras obtenidas tanto en la zona del Aeropuerto como en los bancos de materiales, se sujetarán a pruebas de clasificación, calidad y resistencia, necesarias para definir su empleo en terracerías y en las diferentes capas que conformarán el pavimento.

La ubicación de Bancos de Materiales se puede ver en la figura 2.5



U . N . A . M		
MODIFICACION DE BANCOS.		
FECHA PROF.	C.A.S.O.	PAG. 2 0

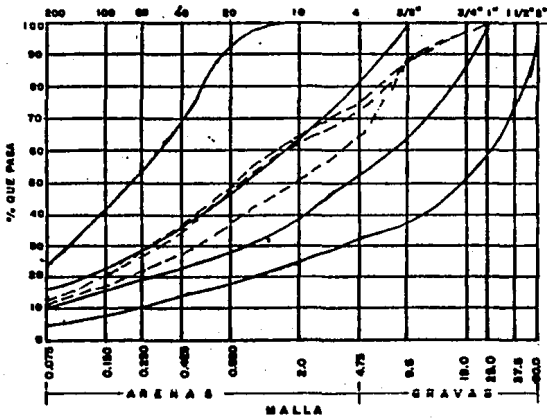
INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE.

OBRA <u>AEROPUERTO DE PUEBLA</u>	ENSAYE N° <u>1,2y3</u>
LOCALIZACION <u>KM 93+312 I/TZO CARRE. FED. MEX-PUE.</u> <small>(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)</small>	FECHA DE RECIBO _____
	FECHA DE INFORME _____

MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE <u>X</u> BASE _____
DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL. <u>TEZONTLE</u>
UBICACION DEL BANCO <u>85% TEPEYECAC 15% AEROPUERTO</u>

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA

P.E. SECO SUELTO kg/m ³	1230	1250	1230
R.E. MAXIMO kg/m ³	1800	1810	1800
HUMEDAD OPTIMA %	13.8	12.6	14.6
P.E. DEL LUSAR kg/m ³			
HUMEDAD DEL LUSAR %			



COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA % RETENIDO		
	EN 50.0		
	EN 37.5	0.0	0.0 0.0 0.0
		% QUE PASA	
50.0			
37.5	100	100	100
25.0	98	98	98
15.0	95	95	96
7.5	87	87	88
4.75	72	73	66
2.00	62	64	51
0.85	48	50	38
0.425	35	36	27
0.250	27	28	21
0.150	20	20	16
0.075	14	13	12

V.R.E. (ESTANDAR) %	127.0	127.0	147.0
EXPANSION %	0.0	0.0	0.0
VALOR CEMENTANTE kg/cm ³	6.6	7.0	7.6
EQUIVALENTE DE ARENA %	54.5	54.5	54.1

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA N° 20			
ABSORCION %	7.9	7.5	7.3
DENSIDAD	1.96	1.9	1.96
DURABILIDAD	---	---	---

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N° 425			
LIMITE LIQUIDO %	21.6	22.9	20.5
LIMITE PLASTICO %	INAP	INAP	INAP
INDICE PLASTICO %	INAP	INAP	INAP
EQUIV. NUM. DE CAMPO %	---	---	---
CONTRACCION LINEAL %	0.0	0.0	0.0
CLASIFICACION SOP.	S M	S M	S M

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.

INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE.

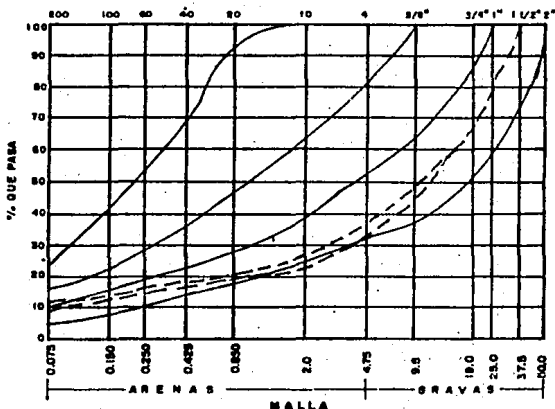
OBRA <u>AEROPUERTO DE PUERLA</u>	ENSAYE N° <u>2 y 3</u>
LOCALIZACION <u>KM 93+313 I/170 CARR. FED. MEX-PUE</u> (CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)	FECHA DE RECIBO _____
	FECHA DE INFORME _____

MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE _____ BASE <u>X</u>
DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL. <u>BASALTO</u>
UBICACION DEL BANCO <u>SAN BERNABE</u>

P.E. SECO SUELTO kg/m ³	540	540
P.E. MAXIMO kg/m ³	2170	2120
HUMEDAD OPTIMA %	8.9	9.3
P.E. DEL LUNAR kg/m ³		
HUMEDAD DEL LUNAR %		

COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA % RETENIDO	
	EN 50.0	
	EN 37.5	0.0 0.0
% QUE PASA		
50.0		100
37.5	100	100
25.0	82	82
19.0	69	68
9.5	46	49
4.75	32	36
2.00	23	26
0.85	18	20
0.425	15	17
0.250	13	15
0.150	11	13
0.075	9	11

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



V.R.E. ESTANDAR %	128.7	142.0
EXPANSION %	0.0	0.0
VALOR CEMENTANTE kg/cm ²	10.2	10.2
EQUIVALENTE DE ARENA	37.2	41.0

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA Num. 9.5	
ABSORCION %	2.3 2.2
DENSIDAD	2.55 2.55
DURABILIDAD	--- ---

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Núm. 425			
LIMITE LIQUIDO %	30.2	28.6	EQUIV. NUM. DE CAMPO %
LIMITE PLASTICO %	18.3	19.4	CONTRACCION LINEAL %
INDICE PLASTICO %	11.9	9.2	CLASIFICACION SOP.
			GP-GC GP-GC

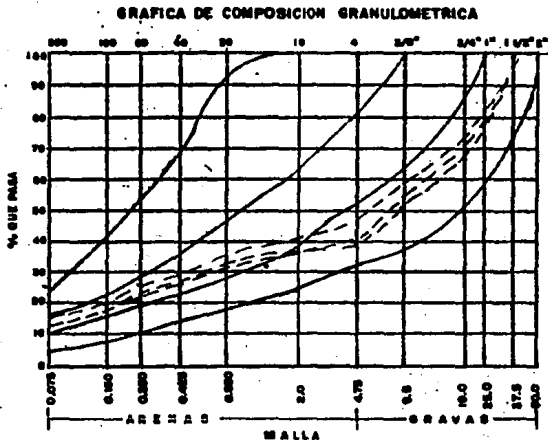
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.

INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE.

OBRA <u>AEROPUERTO DE PUEBLA</u>	ENSAJE N° <u>1, 2 y 3</u>
LOCALIZACION <u>KM 93+313 L/IZO CARR. FED. MEX-PUE.</u>	FECHA DE RECIBO _____
<small>(CALLE, CARRANZO, TRAMO, KILOMETRO, CRUCE DEL CAMBIO, ETC.)</small>	FECHA DE INFORME _____
MATERIAL PARA CAPA DE: <u>SUB-BASE</u> <u>BASE X</u>	
DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL. <u>ANDESITA TRITURADA Y LIMO ARCILLOSO</u>	
UBICACION DEL BANCO <u>MEZCLA 85% TRPYECAC 15% ARROBURTO</u>	

P.E. SECO SUELTO kg/m³	1360	1400	1350
P.E.S. MAXIMO kg/m³	2100	2110	2110
HUMEDAD OPTIMA %	8.3	7.5	8.0
P.E. DEL LIGAN kg/m³			
HUMEDAD DEL LIGAN %			

COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA % RETENIDO		
	EN S.O.		
	EN S.Z.	0.0	0.0
		% QUE PASA	
80.0			
57.5	100	100	100
35.0	77	82	79
15.0	67	72	69
7.5	52	59	54
4.75	39	47	40
2.00	36	41	36
880	32	35	31
640	27	29	26
420	23	25	22
250	18	20	18
150	13	15	13



V.L.E. ESTIMADAS %	121	117	113
EXPANSION %	-0.0	0.0	0.0
VALOR CEMENTANTE kg/m³	20.0	11.7	11.0
EQUIVALENTE DE ARENA %	29.6	20.0	34.7

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA N° 80			
ABSORCION %	4.2	4.2	4.0
DENSIDAD	2.36	2.34	2.38
DURABILIDAD			

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA N° 425					
LIMITE LIQUIDO %	25.9	28.7	25.0	EQUIV. NUM. DE CAMPO %	
LIMITE PLASTICO %	16.5	19.0	10.8	CONTRACCION LINEAL %	3.0 3.2 1.8
INDICE PLASTICO %	9.4	9.7	5.2	CLASIFICACION SOP.	GC GC GC

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.

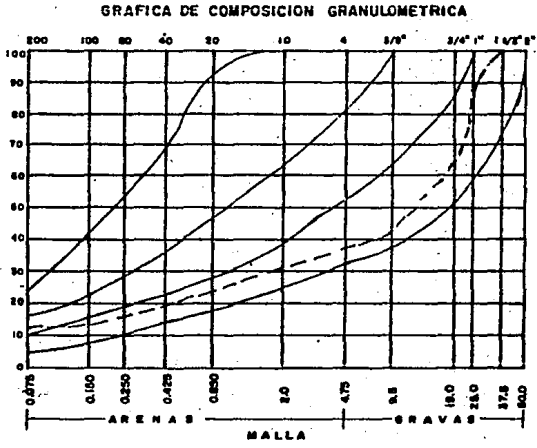
INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE.

OBRA <u>AEROPUERTO DE PUEBLA</u>	ENSAYE N° <u>1</u>
LOCALIZACION <u>FM 93+313 T./TZO. CARR. FED. MEX. PUE.</u>	FECHA DE RECIBO _____
(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)	FECHA DE INFORME _____

MATERIAL PARA CAPA DE:	SUB-BASE _____	BASE <u>X</u>
DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL	<u>BASALTO</u>	
UBICACION DEL BANCO	<u>SAN BERNABE</u>	

P.E. SECO SUELTO kg/m ³	<u>1480</u>
P.E.S. MAXIMO kg/m ³	<u>2030</u>
HUMEDAD OPTIMA %	<u>11.7</u>
P.E. DEL LUMAR kg/m ³	
HUMEDAD DEL LUMAR %	

COMPOSICION GRANULOMETRICA	MALLA % RETENIDO	
	EN 80.0	
	EN 37.5	<u>0.0</u>
% QUE PASA		
50.0	=	
37.5	<u>100</u>	
25.0	<u>89</u>	
19.0	<u>64</u>	
8.5	<u>43</u>	
4.75	<u>38</u>	
2.00	<u>31</u>	
0.85	<u>24</u>	
0.425	<u>20</u>	
0.250	<u>17</u>	
0.150	<u>14</u>	
0.075	<u>12</u>	



V.R.E. (ESTANDAR) %	<u>147.0</u>
EXPANSION %	<u>0.0</u>
VALOR CEMENTANTE kg/cm ²	<u>8.9</u>
EQUIVALENTE DE ARENA %	<u>37.0</u>

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA Núm. 9.5	
ABSORCION %	<u>3.0</u>
DENSIDAD	<u>2.45</u>
DURABILIDAD	----

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Núm. 425			
LIMITE LIQUIDO %	<u>31.2</u>	EQUIV. NUM. DE CAMPO %	----
LIMITE PLASTICO %	<u>22.5</u>	CONTRACCION LINEAL %	<u>2.8</u>
INDICE PLASTICO %	<u>8.7</u>	CLASIFICACION SOP.	<u>GP - GC</u>

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.

Como se mencionó en el inciso anterior, podemos tomar muestras alteradas y muestras inalteradas de un pca. Las muestras alteradas son simplemente el producto de la excavación, estas muestras se pueden tomar a diferentes profundidades según se vaya avanzando.

Esencialmente la diferencia que existe entre las muestras alteradas e inalteradas es que en las primeras se rompe la estructura original del suelo y en las segundas no.

Las muestras inalteradas requieren mayor cuidado ya que son más frágiles y cualquier descuido puede provocar el rompimiento de la muestra; la forma más común de extracción es la técnica de labrado que consiste en tallar una muestra en una oquedad que se realice en una pared del suelo. Esta muestra generalmente es cúbica y de proporciones manuable (30 x 20 x 20 cm) ya que si la labramos en mayores proporciones puede ser muy pesada e incómoda. Después de haber formado la figura cúbica se envolverá en una manta impermeabilizada con brea y parafina lo cual tiene las funciones de proteger la muestra y de evitar la pérdida de humedad.

2.3.4

UBICACION DE SONDEOS

El conocimiento del terreno es algo que se requiere siempre para cualquier obra de ingeniería o edificación. La investigación puede ser desde un simple examen de la superficie del suelo, con o sin algunos pozos superficiales hasta un detallado estudio del suelo y de las aguas subsuperficiales. Estas investigaciones del terreno y del laboratorio necesarias para obtener la información "esencial" constituyen lo que se denomina: exploración del suelo.

En la preparación del programa de exploración del suelo debe considerarse la magnitud de la obra. Si la construcción que se propone ejecutar es simple, el proyectista no debe incluir en la investigación más que un pequeño número de perforaciones de reconocimiento, y algunos ensayos de identificación, clasificación y resistencia sobre muestras representativas del suelo; por el contrario si la construcción es importante, se debe incluir mayor número de perforaciones.

Frecuentemente es posible reducir o aumentar el número de sondeos si las pruebas de laboratorio indican uniformidad o discontinuidad en el lugar a medida que se vaya avanzando, el ingeniero encargado de decidir el número y ubicación de sondeos deberá tener la suficiente experiencia y conocimientos para tomar esta decisión tan importante.

Se opina que el número de sondeos en todo estudio deberá ser establecido por métodos estadísticos y no determinísticos como comúnmente suele hacerse; existen métodos estadísticos que establecen en forma aproximada el número de sondeos que deberán realizarse.

Con el fin de explicar más claramente un método estadístico se propone el siguiente ejemplo:

Se tienen recursos para ejecutar 30 pca en el proyecto de pavimentación de un aeropuerto el cual comprende: pista, calles de rodaje y plataformas, se ha decidido asignar 15 pca a la pista, la cual ha sido dividida con base a la experiencia de los ingenieros encargados del proyecto en cuatro tramos, debido a que existen notables diferencias de materiales en la superficie del terreno de cimentación. Estos cuatro tramos tienen las siguientes longitudes: 300 m, 450 m, 730 m y 540 m; encontrar el número óptimo de pca por ejecutar en cada tramo de pista.

er
1 criterio

Criterio de longitudes

er			
1	Tramo 300 m	$300/2020 = 0.1485$; $0.1485 \times 15 = 2.22$	~ 2
do			
2	Tramo 450 m	$450/2020 = 0.2228$; $0.2228 \times 15 = 3.34$	~ 3
er			
3	Tramo 730 m	$730/2020 = 0.3614$; $0.3614 \times 15 = 5.42$	~ 6
to			
4	Tramo 540 m	$540/2020 = 0.2673$; $0.2673 \times 15 = 4.00$	~ 4

Total: 2020 m

sondeos: 15

Resultados:

En el primer tramo se ejecutarán 2 sondeos.

En el segundo tramo se ejecutarán 3 sondeos.

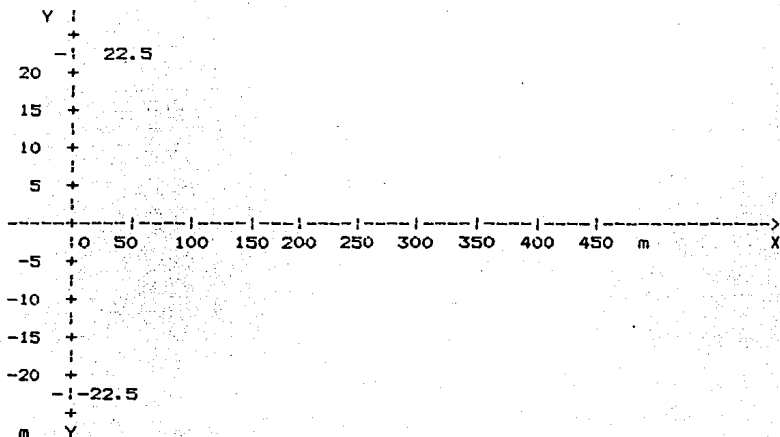
En el tercer tramo se ejecutarán 6 sondeos.

En el cuarto tramo se ejecutarán 4 sondeos.

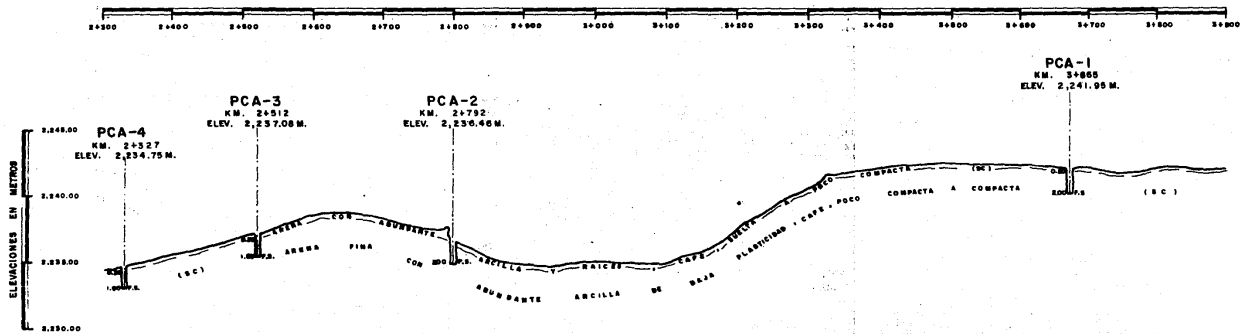
Estos resultados están sujetos a cambios que dependen de la problemática que se presente en cada tramo.

Este método estadístico da una idea aproximada del número de sondeos que deberán ejecutarse en los diversos tramos, sin embargo, permanece la incógnita de la ubicación de éstos.

Para determinar la ubicación de los sondeos de los diferentes tramos se puede utilizar una calculadora o una simple computadora de bolsillo, que tenga la función de generación de números aleatorios (Random). Se divide la zona de estudio en coordenadas X, Y como se indica a continuación:



Se toma como parámetro de Random la longitud de pista 450 m; de tal forma que cada vez que se presione la tecla mencionada aparecerá en pantalla un número, el cual se encontrará entre 0 y 450, éste número representará la coordenada X; ahora se toma como parámetro el ancho de pista 45 m y se repite el procedimiento obteniendo de esta forma la ordenada Y, con este par de datos se verifica un punto en el cuadrante y se repite la operación hasta completar el método estadístico antes mencionado. Este método nos indica la ubicación de los pca, el cual deberá ser complementado sobre la marcha de acuerdo al criterio del especialista según se vaya presentando homogeneidad o heterogeneidad en el terreno. Al efectuarse el pca, el especialista debe tener un conocimiento del perfil del suelo así como de su clasificación de campo. En la figura 2.7 se puede observar la ubicación de sondeos del terreno natural para el Aeropuerto de Puebla.



U . N . A . M .

UBICACION DE SONDEOS

TESIS PROF.

L.A.A.6.

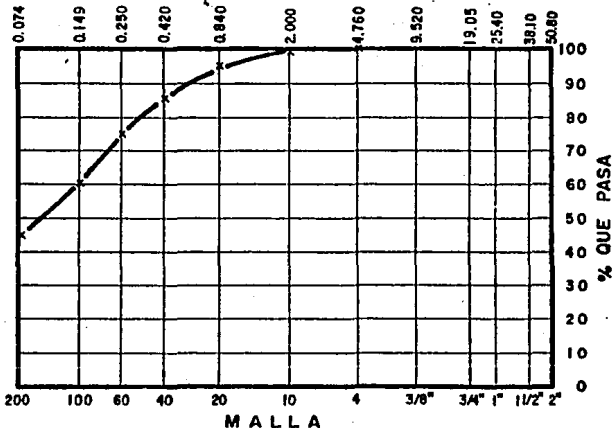
FIG. 2.7

ANALISIS DE MATERIAL PARA SUB-RASANTE

AEROPUERTO DE PUEBLA (SITIO HUEJOTZINGO)

OBRA TERRENO NATURAL Proñ. 0.10 m. a 2.00 m.
 BANCO TERRENO NATURAL
 LOCALIZACION PCA - 1, Km. 3 + 665 ENSAYE

Peso volumétrico suelto Kg/m³ 1225
 Peso volumétrico del lugar Kg/m³ _____
 Peso volumétrico máximo 1792
 Humedad del lugar _____
 Humedad óptima 15.8
 Grado de compactación _____
 % Que pasa la malla _____
 3" _____
 2" _____
 1 1/2" _____
 1" _____
 3/4" _____
 3/8" _____
 Nº 4 100
 Nº 10 99
 Nº 20 96
 Nº 40 86
 Nº 60 75
 Nº 100 60
 Nº 200 43
 % Desperdicio en la muestra _____
 C. S. R. estándar (%) 24.5
 % Expansión 1.1
 Equiv. Arena % 13.2
 Clasificación S.O.P. Arena arcillosa (SC)



PRUEBAS AL MATERIAL QUE PASA MALLA Nº 40	
LIM. LIQ.	25
LIM. PLAST.	15
IND. PLAST.	10
CONTRAC. LIN.	3.5

PRUEBAS PORTER MODIFICADAS		
% COMPACTACION	95 %	100 %
P. V. M. (Kg/ms)	1702	1792
W (%)	17.3	15.8
V. R. S. (%)	26	45

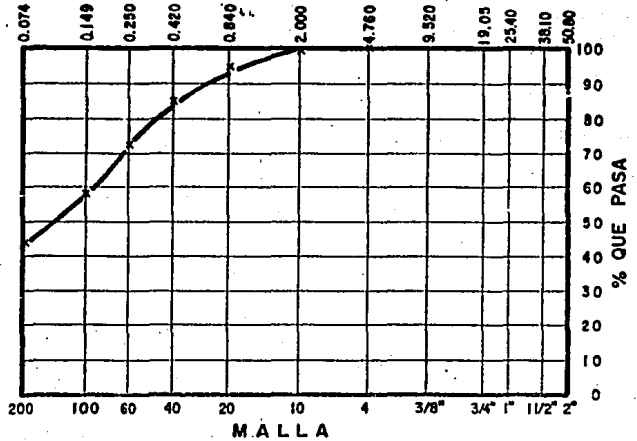
90.8
1612
18.8
8.1

OBSERVACIONES El material del terreno natural, previo despalme, cumple requisitos de clasificación, calidad y resistencia para su empleo en las terracerías de los pavimen- tos.

AEROPUERTO DE PUEBLA (SITIO HUEJOTZINGO)

OBRA TERRENO NATURAL Prof. 0.10m. a 1.80 m.
 BANCO TERRENO NATURAL
 LOCALIZACION PCA - 3, Km. 2 + 512 ENSAYE

Peso volumétrico suelto Kg/m³ 1125
 Peso volumétrico del lugar Kg/m³ 1760
 Humedad del lugar _____
 Humedad óptima 16.6
 Grado de compactación _____
 % Que pasa la malla _____
 3" _____
 2" _____
 1 1/2" _____
 1" _____
 3/4" _____
 3/8" _____
 Nº 4 100
 Nº 10 99
 Nº 20 95
 Nº 40 84
 Nº 60 72
 Nº 100 58
 Nº 200 43



% Desperdicio en la muestra _____
 C. B. R. estándar (%) 38
 % Exponción 1.01
 Equiv. Arena % 11.9
 Clasificación S.O.P. Arena arcillosa (SC)

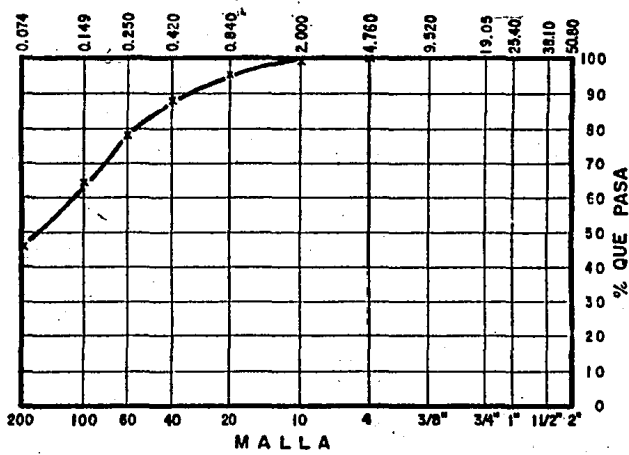
PRUEBAS AL MATERIAL QUE PASA MALLA Nº 40	
LIM. LIO.	26
LIM. PLAST.	15
IND. PLAST.	11
CONTRAC. LIN.	3.8

PRUEBAS PORTER MODIFICADAS			
% COMPACTACION	95 %	100 %	90%
P. V. M. (Kg/ms)	1672	1760	1584
W (%)	18.1	16.6	19.6
V. R. S. (%)	15.0	29.5	5.3

OBSERVACIONES El material del terreno natural, previo despulme, cumple requisitos de clasificación, calidad y resistencia para su empleo en las terracerías de los pavimtos.

OBRA AEROPUERTO DE PUEBLA (SITIO HUEJOTZINGO)
 BANCO TERRENO NATURAL Prof. 0.10 m. a 1.90 m.
 LOCALIZACION S-5, ENSAYE

Peso volumétrico suelto Kg/m³ 1213
 Peso volumétrico del lugar Kg/m³ _____
 Peso volumétrico máximo 1755
 Humedad del lugar _____
 Humedad óptima 16.1
 Grado de compactación _____
 % Que pasa la malla _____
 3" _____
 2" _____
 1 1/2" _____
 1" _____
 3/4" _____
 3/8" _____
 Nº 4 100
 Nº 10 99
 Nº 20 96
 Nº 40 88
 Nº 60 78
 Nº 100 64
 Nº 200 47



% Desperdicio en la muestra _____
 C. D. R. estándar (%) 29
 % Exponción 0.84
 Equiv. Arena % 16.5

Clasificación S.O.P. Arena arcillosa (SC)

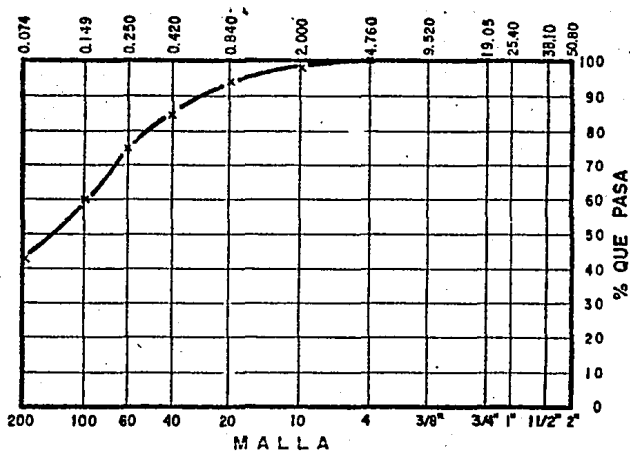
PRUEBAS AL MATERIAL QUE PASA MALLA Nº 40	
LIM. LÍQ.	25
LIM. PLAST.	16
IND. PLAST.	9
CONTRAC. LIN.	3.8

PRUEBAS PORTER MODIFICADAS			
% COMPACTACION	95 %	100 %	903
P. V. M. (Kg/ms)	1667	1755	1580
W (%)	17.6	16.1	19.1
V. R. S. (%)	27.0	56.0	3.7

OBSERVACIONES El material del terreno natural, previo despalme, cumple requisitos de clasificación, calidad y resistencia para su empleo en las terracerías de los pavimentos.

OBRA AEROPUERTO DE PUERLA (SITIO HUEJOTZINGO)
 BANCO PRESTAMO AEROPUERTO, PCA - 2 (0.20 m. a 3.00 m.)
 LOCALIZACION _____ ENSAYE _____

Peso volumétrico suelto Kg/m³ 1200
 Peso volumétrico del lugar Kg/m³ _____
 Peso volumétrico máximo 1746
 Humedad del lugar _____
 Humedad óptima 16.4
 Grado de compactación _____
 % Que pasa la malla _____
 3" _____
 2" _____
 1 1/2" _____
 1" _____
 3/4" _____
 3/8" _____
 Nº 4 100
 Nº 10 98
 Nº 20 94
 Nº 40 85
 Nº 60 74
 Nº 100 59
 Nº 200 42
 % Desperdicio en la muestra _____
 C. B. R. estándar (%) 26.5
 % Expansión 0.65
 Equiv. Arena % 12.5
 Clasificación S.O.P. Arena arcillosa (SC)



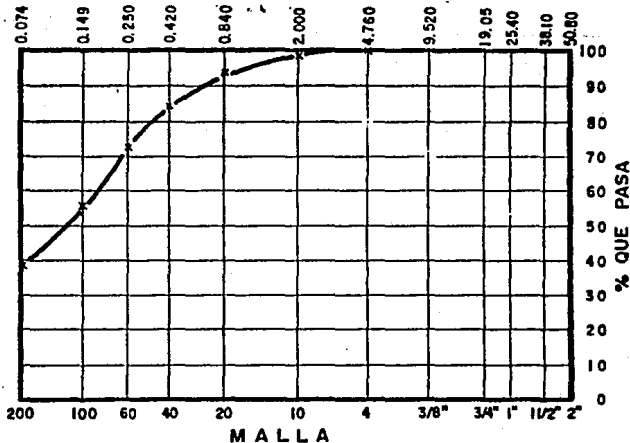
PRUEBAS AL MATERIAL QUE PASA MALLA Nº 40	
LIM. LIQ.	25
LIM. PLAST.	16
IND. PLAST.	9
CONTRAC. LIN.	3.8

PRUEBAS PORTER MODIFICADAS			
% COMPACTACION	95 %	100 %	90%
P. V. M. (Kg/ms)	1659	1746	1571
W (%)	17.9	16.4	19.4
V. R. S. (%)	19.0	41.0	5.5

OBSERVACIONES El material del Préstamo "Aeropuerto", cumple requisitos de clasificación, cantidad y resistencia para su empleo en cuerpo de terraplen y capa subrasante.

OBRA AEROPUERTO DE PUEBLA (SITIO HUEJOTZINGO)
 BANCO PRESTAMO AEROPUERTO, PCA - 3 (0.20 m. a 2.80 m.)
 LOCALIZACION _____ ENSAYE _____

Peso volumétrico suelto Kg/m³ 1125
 Peso volumétrico del lugar Kg/m³ _____
 Peso volumétrico máximo 1740
 Humedad del lugar _____
 Humedad óptima 16.8
 Grado de compactación _____
 % Que pasa la malla _____
 3" _____
 2" _____
 1 1/2" _____
 1" _____
 3/4" _____
 3/8" _____
 Nº 4 100
 Nº 10 98
 Nº 20 94
 Nº 40 84
 Nº 60 72
 Nº 100 56
 Nº 200 39



% Desperdicio en la muestra _____
 C. B. R. estándar (%) 22.0
 % Expansión 0.30
 Equiv. Arena % 13.1
 Clasificación S.O.P. Arena arcillosa (SC)

PRUEBAS AL MATERIAL QUE PASA MALLA Nº 40	
LIM. LIQ.	25
LIM. PLAST.	15
IND. PLAST.	10
CONTRAC. LIN.	3.8

PRUEBAS PORTER MODIFICADAS			
% COMPACTACION	95 %	100 %	90%
P. V. M. (Kg/ms)	1653	1740	1566
W (%)	18.3	16.8	19.8
V. R. S. (%)	29.0	57.0	11.6

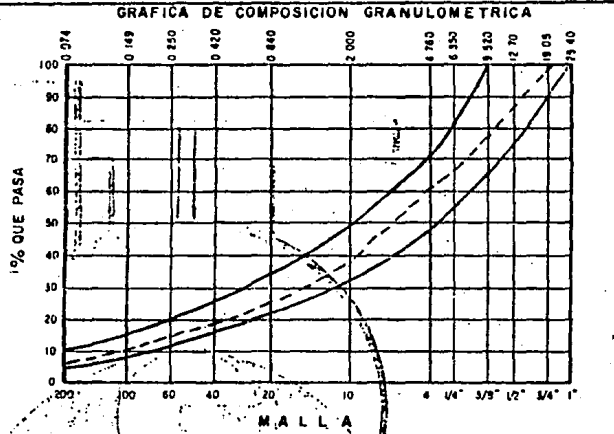
OBSERVACIONES El material del préstamo "Aeropuerto", cumple requisitos de clasificación, calidad y resistencia para su empleo en cuerpo de terraplén y capa subrasante.

REPORTE DE CONCRETO ASFALTICO

MATERIAL PARA CONCRETO ASFALTICO EXPEDIENTE _____
 ENSAYE NIM _____ MUESTRA NUM UNICA FECHA RECIBO _____
 ENVIADA POR PERSONAL DE LABORATORIO FECHA INFORME _____
 PROCEDENCIA MEZCLA VOL. 70% BCO SAN BERNABE
30% BCO SAN BERNARDINO
(POLVO DE TRITURACION)

PRUEBAS SOBRE MATERIAL PETREO

CLASIFICACION PETROGRAFICA _____
 PESO VOL SUELTO, Kg /m³ 1750
 QUE PARA MALLA, %
 1" _____
 3/4" 100
 1/2" 88
 3/8" 78
 1/4" 67
 No. 4 62
 - 10 38
 - 20 25
 - 40 19
 - 60 14
 - 100 10
 - 200 6
 DENSIDAD 2.7
 ABSORCION, % 3.1
 DESGASTE, % _____
 PARTICULAS ALARGADAS, % _____
 PARTICULAS EN FORMA DE LAJA, % _____
 EQUIVALENTE DE ARENA _____



CARACTERISTICAS DEL ASFALTO PRUEBAS EN LA MEZCLA ASFALTICA

TIPO <u>No. 6</u>	CONT OPT DE ASFALTO (%) <u>6.5</u>	GRADO DE COMPACTACION EN CARPETA % _____
TEMPERATURA RECOMENDABLE DE APLICACION <u>120 A 160</u>	PESO VOL MAX EN MEZCLA COMPACTA (Kg/m ³) <u>2360</u>	CONT ASFALTO EN MEZCLA _____
PENETRACION <u>94</u>	AFINIDAD CON EL ASFALTO _____	PERMEABILIDAD DE LA CARPETA _____

OBSERVACIONES:

CURVA PROYECTO

EL LABORATORISTA

EL JEFE DEL LABORATORIO

2.4 ESTUDIO DE LABORATORIO

El método más reconocido de clasificación de suelo es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Esta prueba tiene como objetivo determinar la distribución de los tamaños de las partículas en una muestra de suelo.

Mediante un proceso de cribado, el sistema divide a los suelos en dos grandes fracciones: la gruesa, formada por partículas mayores que la malla No. 200 (0.074 mm) y menos que la malla de 7.62 cm (3"); y la fina, formada por partículas que pasan la malla No. 200.

La fracción gruesa se divide en gravas y arenas, teniendo como frontera la malla No. 4 (4.76 mm).

La distribución del material más fino de las aberturas de la malla No. 200 se encuentra por sedimentación mediante la prueba del hidrómetro. Los resultados son generalmente más útiles cuando se presentan en forma gráfica, el tamaño de partículas, en milímetros, se grafica en una escala logarítmica, y el porcentaje de los granos más pequeños mostrado se grafica aritméticamente. La forma de la curva indica si la graduación es buena o es mala.

El propósito principal en la determinación de la clasificación de suelos consiste en permitir al ingeniero predecir el comportamiento probable de los suelos.

Se recomienda que para terracerías se utilicen materiales no mayores a 76 mm y que el 30% sea menor que la malla No. 200. Para capa subrasante no deberán ser mayores a 76 mm y el 25% sea menor que la malla No. 200. Para capa de subbase se recomienda que los materiales sean menores de 51 mm, que el 15% del material pase la malla No. 200 y que se encuentre en la zona granulométrica 1 o 2. Para base hidráulica el material no deberá ser mayor a 76 mm y el 10% del material deberá ser mayor que la malla No. 200 y se deberán localizar en la zona granulométrica 1 o 2. Ver figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4.

2.4.2

DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO

Para la determinación directa del peso específico deberán valuarse: el peso de la muestra W_m y el volumen V_m .

El W_m puede conocerse pesando la muestra del suelo; el V_m se puede valorar labrando la muestra original en una forma geométrica simple o bien por inmersión de la muestra en mercurio (el peso del mercurio desalojado dividido entre el peso específico de ese elemento, da el volumen desplazado, igual al volumen de la muestra).

$$\gamma_m = W_m / V_m$$

El peso específico relativo de la mayoría de las partículas minerales constituyentes de un suelo varía entre límites estrechos (2.6 a 2.9)

Las unidades más comunes son:

$$\begin{array}{ccc} \text{3} & \text{3} & \text{3} \\ \text{[tn/m]} & \text{[kg/m]} & \text{[g/cm]} \end{array}$$

2.4.3

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

w

Dada la muestra de suelo, se pesa para tener W_m . A continuación se seca al horno y se vuelve a pesar, para tener W_s (seco). Ahora el contenido de humedad se obtiene restandose $W_m - W_s$,

$$w(\%) = (W_m - W_s) / W_s \times 100$$

Esta prueba provee datos útiles para estimar la compactación del suelo y su compresibilidad, es útil también en la prueba del VRS así como en la prueba del cuerpo de ingenieros. El conocimiento del grado de saturación es importante, por que no puede haber ningún cambio de volumen en una masa de suelo saturada sin aumento o disminución de agua.

Para terracerías se recomienda un contenido de humedad máxima de 40%, para capa subrasante 30% y para subbase y base 15%.

2.4.4

PRUEBA DE DENSIDAD

La densidad del suelo es una medida de concentración o empaqueo de las partículas en una masa de suelo; también es un índice de compresibilidad. Los suelos menos densos o ligeramente empacados, son mucho más compresibles que los que tienen densidad más alta. La densidad de los suelos puede expresarse numéricamente como relación de vacíos y porosidad. La relación de vacíos está dada por:

$$e = V_v/V_s$$

donde

V_v = Volumen de vacíos

V_s = Volumen de sólidos en la masa

$$V_v + V_s = V_t$$

V_t = Volumen total de la masa.

La porosidad en porcentaje está dada por :

$$n = V_v/V_t \times 100$$

La densidad D_d , en porcentaje, es una medida de la compactación de un suelo con una relación de vacíos e , donde el máximo de vacíos es e_{\max} ; y el mínimo es e_{\min} .

$$D_d(\%) = (e_{\max} - e) / (e_{\max} - e_{\min}) \times 100$$

2.4.5

LIMITES DE ATTEBERG

2.4.5.1

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

La técnica actual para la determinación del límite líquido se debe a las investigaciones realizadas por el Dr. Casagrande, la cual está basada en el uso de la copa que lleva su propio nombre.

La copa de Casagrande es un recipiente de bronce o latón con un tacón solidario del mismo material; el tacón y la copa giran en torno a un eje fijo unido a la base. Un sistema de eje excéntrico hace que la copa caiga periódicamente, golpeándose contra la base del dispositivo, que es de hule duro o micarta 221. La altura de caída de la copa es de 1 cm, medido verticalmente desde el punto de la copa que toca la base al caer, hasta la base misma, estando la copa en su punto más alto.

La copa es esférica, con radio interior de 54 mm, espesor 2 mm y peso 200 ± 20 g excluyendo el tacón.

Sobre la copa se coloca la muestra de suelo y se le hace una ranura trapezoidal de 1 cm de ancho, para hacerle la ranura debe usarse un ranurador especial el cual se pasa a través de la muestra, manteniéndolo normal a su superficie, a lo largo del meridiano que pasa por el centro del tacón, con un movimiento de arriba hacia abajo.

De esta forma se define el límite líquido de una muestra de suelo como el contenido mínimo de humedad al cual un suelo pasa del estado plástico al estado líquido. El estado líquido se define como el estado en el cual la resistencia al corte de suelo es tan escasa que una fuerza pequeña lo hará fluir.

2.4.5.2

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

La prueba de la determinación del límite plástico, consiste en rolar un fragmento de suelo hasta convertirlo en un cilindro con un diámetro de 3 mm. La formación de estos cilindros es recomendable efectuarla sobre un vidrio. Cuando los rollitos llegan a 3 mm, se doblan y presionan, formando una pastilla que vuelve a rolarse, hasta que a los 3 mm justos ocurra el agrietamiento; en tal momento se determinará rápidamente su contenido de agua, que es el límite plástico.

Podemos decir así que el límite plástico de un suelo se define con el contenido mínimo de humedad al cual una muestra de suelo pasará del estado semisólido al estado plástico. Cuando el contenido de humedad es superior al límite plástico, se presenta una caída brusca en la estabilidad de los suelos.

2.4.5.3

INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

El índice de plasticidad es la diferencia numérica entre el límite plástico y el límite líquido. Indica la gama de contenido de humedad sobre la cual un suelo queda en estado plástico antes de pasar al estado líquido.

2.4.5.4

LIMITE DE CONTRACCION

Es la frontera entre los estados de consistencia semisólida y sólida, definido como el contenido de agua, con el que el suelo ya no disminuye su volumen al seguirsele quitando agua.

2.4.6

PRUEBAS DE COMPACTACION

Las pruebas de compactación de laboratorio buscan representar los procesos de campo que reproducen, así como de funcionar fundamentalmente como un índice comparativo del peso volumétrico de laboratorio y de campo; la similitud de propiedades mecánicas entre ambos es mucho menos importante.

Debido a que existen varios modos de compactar suelos en campo, se tienen pruebas de compactación de varios tipos, con técnicas y energías de compactación distintas.

Las pruebas de compactación pueden agruparse de la siguiente manera:

- 1) Pruebas dinámicas
- 2) Pruebas estáticas
- 3) Pruebas de amasado
- 4) Pruebas por vibración
- 5) Pruebas especiales

2.4.6.1

PRUEBAS DINAMICAS

Todas las pruebas dinámicas hoy en uso tienen las siguientes características comunes:

1.-El suelo se compacta por capas en el interior de un molde metálico cilíndrico, variando de unas pruebas a otras el tamaño del molde y el espesor de la capa.

2.-En todos los casos de compactación, se le aplica dentro del molde a cada capa, un cierto número de golpes, uniformemente distribuidos, con un pisón cuyo peso, dimensiones y altura de caída cambian de una variante de prueba a otra. El número de golpes de pisón que se aplica por capa, también cambia en las diferentes pruebas.

3.-En todos los casos, la energía específica se puede calcular con bastante aproximación con el empleo de la siguiente ecuación:

$$Ee = Nn Wh / V$$

Ee = energía específica.

N = número de golpes del pisón compactador por cada una de las capas en que se acomoda el suelo en el molde de compactación

n = número de capas que se disponen hasta llenar el molde.

W = peso del pisón compactador.

h = altura de caída del pisón al aplicar los impactos al suelo.

V = volumen total del molde de compactación igual al volumen total del suelo compactado.

4.-En todos los casos se especifica el tamaño máximo de partículas que puede tener el suelo, y se eliminan los tamaños mayores por cribado previo a la prueba.

2.4.6.2

PRUEBA PROCTOR ESTANDAR

La prueba Proctor es una prueba de compactación denominada también (AASHTO), y que tiene por finalidad determinar la relación entre el peso volumétrico y el contenido de agua de los suelos.

EQUIPO DE PRUEBA:

- Molde estándar de compactación de 15.24 cm (6") con extensión, el volumen del molde debe ser de 1/13.33 de pie cúbico con ± 0.00075 de pie cúbico de tolerancia.
- Un pisón estándar de sección circular de 5.08 cm (2") de diámetro y con un peso de 2.49 kg.
- Guía metálica para el pisón .
- Regla metálica.
- Una balanza de laboratorio con sensibilidad de 0.1 g.
- Una balanza de 15 kg de capacidad y sensibilidad de 5 g.
- Horno secador.
- Mallas de 5.08 cm (2"), 1.9 cm (3/4") y No. 4 .
- Accesorios.

PROCEDIMIENTO

- 1) Secar el material objeto de muestra mediante un horno a temperatura de 60 C como máximo o simplemente al aire libre.
- 2) Cribar el suelo por la malla No. 4, eliminando el retenido.
- 3) Seleccionar la muestra de aproximadamente 7 kg.
- 4) Incorporar a la muestra la cantidad de agua suficiente para ponerle 4 o 6 puntos en porcentaje por debajo de la humedad óptima representativa .

5) Dividir la muestra en 3 partes que serán las capas que tomarán la muestra dentro del molde de 15.34 cm (6") de diámetro. El molde tendrá instalada su extensión y deberá llegarse a un espesor total compactado de unos 13 cm (5"). Compáctese cada capa con 56 golpes uniformemente distribuidos en la superficie y con una altura de caída de 30.48 cm (12"). Después de la compactación, remuévase la extensión del molde y enrásese el suelo compactado utilizando la regla metálica. Pésese el conjunto y réstese la tasa del molde para tener el peso húmedo del material. Divídase entre el volumen del molde para tener el peso volumétrico de la masa del suelo.

6) Retírese el material del molde, sin desmoronarlo y dividirlo en dos porciones, según un plano vertical por el centro de la sección transversal. Tómese una muestra representativa de una de las caras del corte y determínese el contenido de agua del suelo.

7) Desmoronar el material hasta que pase por la malla No. 4. Afúadase suficiente agua para aumentar su humedad en 1 o 2 puntos y repítase todo el procedimiento. Continúese estas determinaciones hasta que disminuya o cambie el peso húmedo del suelo compactado. Ver tabla 2.6

2.4.6.3

PRUEBAS ESTATICAS

La prueba de compactación estática es tan antigua como la dinámica, pero no se ha difundido tanto como ésta, sin embargo, la prueba clásica estática ha estado ligada con la prueba de valor relativo de soporte (VRS), muy usada en pavimentos.

La prueba estática no representa adecuadamente el proceso de compactación natural del suelo debido a que la aplicación de presión no considera ni la vibración ni alguno de los métodos modernos de compactación de estos suelos en el campo, además, se cree que la aplicación de una presión estática puede producir cambios granulométricos importantes durante la prueba..

Para fines de este trabajo sólo se explicará brevemente las pruebas dinámicas y estáticas de compactación.

A continuación se describirá la prueba Porter.

2.4.6.4

PRUEBA PORTER

Dentro de las pruebas de compactación estáticas la prueba Porter sin duda es la más importante, esta prueba tiene como objetivo determinar el peso volumétrico seco máximo, y la humedad óptima.

EQUIPO DE PRUEBA:

- Un molde de compactación de 15.24 cm (6") de diámetro interior y 22.86 cm (9") de altura, incluyendo el collarín.
- Máquina de compresión con capacidad mínima de 30 t y aproximación de 100 kg.
- Varilla metálica de 1.9 cm (3/4") de diámetro y 30 cm de longitud con punta de bala.
- Placa circular para compactar, ligeramente menor que el diámetro interior del cilindro, que pueda sujetarse a la cabeza de aplicación de la carga.
- Criba de 2.54 cm (1").
- Criba del número 4.
- Balanza de capacidad mínima de 10 kg aproximación de 1 g.
- Charolas.
- Accesorios.

PREPARACION DE LA MUESTRA:

De la muestra de campo obtenida cribese una cantidad de 16 kg que pase por la malla de 2.54 cm (1") y posteriormente dividase en 4 fracciones representativas con pesos iguales.

PROCEDIMIENTO:

1) Tomar una de las fracciones e incorporarle la cantidad necesaria de agua para que presente una consistencia tal que cuando se le comprima en la palma de la mano no la humedezca y que a la vez el material comprimido pueda tener consistencia.

2) Colocar el material en el molde en 3 capas y d ese 25 varilladas a cada capa uniformemente distribuidos.

3) Colocar el molde con el material en la máquina de compresión y se procede a compactar el material aplicando lentamente carga uniforme de modo que alcance en un lapso de 5 minutos la presión de 140.6 kg/cm², mant ese esta carga durante un minuto y hágase la descarga en el siguiente minuto. Al llegar a la carga máxima, rev ese la base del molde; si está ligeramente humedecida el material ha alcanzado la humedad óptima de compactación y su peso volumétrico máximo.

4) Si no sucediera lo anterior, repitase la prueba las veces que sea necesario hasta que se humedezca la base del molde.

5) Al terminar la compactación del espécimen preparado con la humedad óptima qu tese el molde de la máquina de compresión y determinese la altura (he), restando la altura total del molde la altura entre la cara superior del espécimen y el borde superior del molde; registrese este valor en centímetros.

6) P sese el molde de compactación que contenga el espécimen compactado y anótese dicho peso (Wi) en kg.

7) De la parte central de la muestra s quese una pequeña muestra y determinese el contenido de agua (W).

Por último habrá que efectuar los c culos siguientes :

$$\text{Volumen } V = (A_m \times h_e) / 1000$$

en donde

$$V = \text{Volumen en dm}^3 \text{ (litros).}$$

he = altura del espécimen en cm.

Am =  rea de sección transversal del cilindro de compactación en cm².

- El peso volumétrico húmedo :

$$\gamma_m = (W_i - W_t) / V \times 1000$$

donde

$$\gamma_m = \text{Peso volumétrico húmedo del espécimen en kg/m}^3.$$

W_i = Peso del espécimen húmedo más el peso del molde de compactación en kg.

W_t = Peso del molde de compactación en kg.

V = Volumen del espécimen en dm^3 .

- El peso volumétrico seco máximo:

$$d_m = \bar{T}_m / 100 \text{ tw} \times 100$$

d_m = peso volumétrico seco máximo.

\bar{T}_m = peso volumétrico húmedo del espécimen en kg/m^3 .

W = Humedad óptima en porcentaje.

B) Regístrese el peso volumétrico seco máximo (d_m) y la humedad óptima como valores correspondientes al material ensayado. Ver tabla 2.7

PRUEBAS DE COMPACTACION DINAMICA

PRUEBA	MOLDE		PESO DEL MARTILLO Kg	ALTURA DE CAIDA Kg	NUMERO DE CAPAS	NUMERO DE GOLPES POR CAPA	REBOSO DEL SUELO	ENERGIA ESPECIFICA	OBSERVACIONES
	Diámetro cm	Altura cm							
Proctor SCT (AASHTO) Estándar	10.16	11.68	2.490	30.48	3	30	el	6.06	
Proctor Estándar (AASHTO) Estándar	10.16	12.70	2.490	30.48	3	25	el	4.20	
Proctor Estándar Variante A	10.16	11.43	2.490	30.48	3	28	el	6.05	
Proctor Estándar Variante B	18.24	13.00	2.490	30.48	3	36	el	6.05	
Proctor Estándar Variante C	10.16	13.00	2.490	30.48	3	28	el	6.05	
Proctor Estándar Variante D	15.24	13.00	2.490	30.48	3	36	el	6.05	
Proctor Modificado (AASHTO) Modificado	10.16	12.70	4.530	48.72	5	25	el		
Proctor Modificado Variante A	10.16	11.43	4.530	48.72	5	28	el		
Proctor Modificado Variante B	18.24	13.00	4.530	48.72	5	36	el		

TABLA 2.6

2.4.7. PRUEBA DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE (VRS ESTANDAR)

El nombre original de la prueba es "California Bearing Ratio" y es conocida comunmente en el mundo entero como CBR, en México es conocida como Valor Relativo de Soporte (VRS).

Esta prueba es de penetración en donde un pistón estandarizado de área 19.4 cm², es obligado a penetrar el suelo en un rango estándar de 0.127 cm/min. La carga unitaria es registrada a cada 0.254 cm (1/10") de penetración hasta alcanzar la penetración de 1.27 cm (1/2") y el VRS es computado como la razón de una unidad de carga arbitrariamente seleccionado a la estándar.

Los valores estándar fueron obtenidos probando roca triturada de relativa alta calidad y son los siguientes:

0.25	cm	70.38	kg/cm ²
0.508	cm	105.463	kg/cm ²
0.762	cm	133.586	kg/cm ²
1.016	cm	161.70	kg/cm ²
1.27	cm	182.80	kg/cm ²

La unidad de carga generalmente tomada para proyecto es a cada 0.25 cm de penetración. Todos los distintivos de la prueba han sido estandarizados.

El cilindro en el cual el suelo es probado tiene un diámetro aproximado de 5 cm (2"). La sobrecarga que es estimada a resultar en intensidad de presión igual a la del pavimento final en el suelo, es aplicada al suelo durante el periodo de saturación y los periodos de prueba para simular el peso del pavimento durante el periodo de saturación y los periodos de prueba y prevenir pesos no previstos en el pistón durante la prueba.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

1) Se aplica una sobrecarga en todos los suelos, que sea suficiente para producir una intensidad de carga igual al peso del material del pavimento pero no menor de 4.54 kg (10 lb), convenientemente colocar un disco con perforación circular de 2.27 kg de sobrecarga en la superficie del suelo antes de la colocación del pistón y de la aplicación de los pesos restantes.

2) Colóquese el pistón de penetración con una carga de 4.54 kg (10 lb) y póngase los medidores de deformación y de esfuerzo en cero.

3) Se aplica carga sobre el pistón de penetración a razón de 0.127 cm/min.

4) Se determina el contenido de agua en la capa superior con un espesor de 2.5 cm (1").

5) Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva esfuerzo-penetración.

6) Se determinan los valores de presión corregidos para 0.25 y 0.51 cm de penetración a partir de los cuales se obtienen los valores de VRS dividiendo estas presiones entre las estándar de 70 y 105 kg/cm² respectivamente. Se multiplica cada relación por 100 para obtener la relación en porcentaje.

Estos ensayos se emplean para el cálculo, bajo una de las condiciones siguientes:

- 1) Cuando la densidad local (T) y el contenido de agua (w) son tales que el grado de saturación (porcentaje de huecos llenados con agua) es del 80% o mayor.
- 2) Cuando el material es de grano grueso y sin cohesión, de manera que no se vea afectado por los cambios del contenido de agua.
- 3) Cuando la construcción se llevó a cabo varios años antes, el contenido de agua realmente no resulta constante, pero parece fluctuar dentro de una gama bastante estrecha y el ensayo sobre el suelo se considera como un índice satisfactorio de la capacidad de soportar cargas.

Es deseable checar el VRS de laboratorio con aquellos valores obtenidos durante la construcción. Básicamente, la prueba de campo es la misma que la de laboratorio, sólo que en esta se usa un pistón estándar de 7.62 cm² (3") de área y los pesos de sobrecarga se igualan a la intensidad de presión del pavimento. En algunos casos la correlación entre los valores de las pruebas de campo son erráticos, esto es particularmente cierto en materiales granulares, donde el efecto confinante del molde de laboratorio toma un papel importante en la prueba.

NUMERO DE PRUEBAS DE VRS (CBR)

Se recomienda llevar a cabo tres ensayos VRS en la base hidráulica, y tres como mínimo en la subrasante. Sin embargo, si los resultados de estos tres ensayos en cualquier grupo no presentarán un acuerdo razonable, debería efectuarse más ensayos en el mismo lugar. Un acuerdo razonable, en tres ensayos en los cuales el VRS sea inferior a 10 permite una tolerancia de 3; si el VRS fuera de 10 a 30, una tolerancia de 5 y si el VRS fuera de 30 a 60, una tolerancia de 10. Para los VRS superiores a 60, las variaciones de las lecturas individuales no revisten una importancia particular. Por ejemplo, los resultados: 6, 8 y 9 son razonables pueden promediarse como 8. El VRS en el lugar ayuda a evaluar y verificar la calidad de las capas del pavimento, y por lo tanto sirve para corregir procedimientos y poder re proyectar.

2.4.9

PRUEBA EQUIVALENTE DE ARENA

Esta prueba proporciona la separación de las partículas más finas, de tipo arcilloso, de los granos gruesos (tamaños correspondientes a las arenas), y compara las proporciones relativas sobre las bases volumétricas arbitrarias; emplea un procedimiento sencillo que tiende a simplificar o expandir el volumen de arcilla en una forma proporcional a sus efectos perjudiciales.

La prueba consiste en agitar fuertemente una muestra de material que pase por la malla No. 4, en una probeta transparente que contiene una solución de cloruro de calcio que actúa como floculante con el objeto de acelerar la sedimentación de la fracción activa, esta mezcla debe contener glicerina y formaldehído para estabilizar la solución; a continuación se deja reposar el material un tiempo aproximado de veinte minutos procediendo inmediatamente después a determinar las proporciones de las partes activas y no activas, esto se hace introduciendo un pión de medidas especificadas que marca las fronteras entre dichas porciones, una vez que se ha sedimentado. Esta prueba se puede llevar a cabo tanto en el campo como en el laboratorio dependiendo del agitador que puede ser manual o mecánico; el equivalente de arena se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$EA (\%) = LNSA/LNSa \times 100$$

donde

LNSA = Lectura del nivel superior de la Arena.

LNSa = Lectura del nivel superior de la arcilla.

Se recomienda un 40% como mínimo de EA en la utilización de material para capa de sub-base y para capa de base hidráulica un 50% como mínimo.

Esta prueba sirve para saber que cantidad de arcilla o de suelos finos contaminantes que tiene un suelo, así como para saber si se pueden eliminar o no en la práctica.

2.4.10

PRUEBA DE DESGASTE DE LOS ANGELES

Esta prueba se realiza en un cilindro de acero cerrado por ambos extremos. El cilindro es de 71.12 cm de diámetro interior y de 50.8 cm de longitud que contiene un entrepaño de acero que sobresale radialmente hacia adentro 8.89 cm, éste cuenta con su eje horizontal sobre mufones unidos en los extremos.

Una muestra seleccionada de 5000 g de agregado se carga dentro del cilindro junto con un número y tamaño prescrito de esferas de hierro fundido, a continuación se hace girar el cilindro 500 revoluciones a una velocidad de 30 a 33 rev/min.

Después de la prueba la muestra se tazia en la malla No. 12 la porción que pasa a través de ella se descarta, la pérdida dividida entre el porcentaje de desgaste es la diferencia entre los pesos originale y final de la muestra de prueba, expuesta como porcentaje del peso original.

La elevada resistencia al desgaste indicado en un bajo porcentaje de pérdidas por absorción es una característica deseable de los Ácidos que han de emplearse en la construcción del pavimento.

$$\% \text{ de desgaste} = (P_i - P_f) / P_i \times 100$$

donde

P_i = peso inicial de la muestra.

P_f = peso final de la muestra.

En la construcción de bases hidráulicas el porcentaje de desgaste de Los Angeles no deberá ser mayor a 40%.

Esta prueba mide rápidamente el efecto del tránsito que va a pasar por la carpeta así como del intemperismo.

2.4.11

PRUEBA DE EXPANSION

El objeto de esta prueba es medir la presión que desarrolla bajo ciertas condiciones, un espécimen de suelo al que se permite absorber agua libre; debe efectuarse esta prueba evitando cambios importantes durante ella en el peso específico del suelo.

El dispositivo consiste en un puente metálico calibrado de tal manera que es conocida para cada flecha del puente, la presión que se ejerce desde una placa circular de 101 cm de diámetro (4") apoyada sobre el espécimen, cuya presión se transmite al puente por medio de un vástago.

La presión de expansión se mide saturando el espécimen. En el procedimiento de diseño en vigor en California E.U., constituya una condición que el peso del pavimento ha de ser suficiente para neutralizar la presión de expansión medida.

2.4.12

PRUEBA MARSHALL

Esta prueba está limitada al proyecto y control de la elaboración de mezclas asfálticas hechas en planta estacionaria. Esta prueba sirve principalmente para determinar los valores de estabilidad y flujo, de especímenes cilíndricos compactados axialmente y probados a 60 C. El valor de la estabilidad se determina midiendo la carga necesaria para producir la falla del espécimen aplicada en sentido normal a su eje; la deformación vertical producida por dicha carga será el valor de flujo.

El valor de la estabilidad es un índice de la calidad del agregado.

El valor del flujo representa la deformación requerida para producir la fractura, y es una indicación de la tendencia de la mezcla para alcanzar una condición plástica y consecuentemente de la resistencia que ofrecerá la carpeta a deformarse bajo la acción de las cargas impuestas por los vehículos.

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

Siguiendo los pasos de la prueba referida para determinar el contenido de cemento se forma la granulometría de la mezcla que se proyecta elaborar, se formarán 3 especímenes de 1200 g aproximadamente y a estos especímenes se les deberá agregar los siguientes porcentajes de cemento asfáltico expresados en relación al peso del material pétreo:

Contenido mínimo calculado menos el 0.5%

Contenido mínimo calculado neto

Contenido mínimo calculado más el 0.5%

Contenido mínimo calculado más el 1.0%

Contenido mínimo calculado más el 1.5%

Contenido mínimo calculado más el 2%

Al mezclar los agregados y el cemento asfáltico para elaborar los especímenes, la temperatura de la mezcla debe ser de 175 y 120 °C respectivamente para tener una distribución uniforme de asfalto (la temperatura de la mezcla no debe ser menor de 100°C).

Para compactar la mezcla se usa un pizón de una superficie circular de 4.76 cm (1 7/8") de diámetro y 4.54 kg de peso y un molde, (ambos deben calentarse con un baño de agua hirviendo), con un pizón se dan 50 golpes con una caída de 45.7 cm a cada cara del espécimen, esta compactación se aplica para mezclas asfálticas proyectadas para recibir presiones de contacto que no excedan de 7 kg/cm². El número de golpes en cada cara del espécimen deberá aumentarse a 75 para presiones de contacto que varíen entre 7 y 14 kg/cm²; posteriormente se removerá el collarín y la placa de base, y el molde con su contenido se sumergirá en agua fría por un tiempo mínimo de 2 minutos, luego se extrae el espécimen y se deja enfriar a la temperatura ambiente durante un período de 12 a 24 horas. Los especímenes compactados deberán tener una altura de 63.5 mm con una tolerancia de 3.2 mm y en caso contrario deberá repetirse el proceso.

La prueba de los especímenes comprende la determinación del peso volumétrico y se obtiene dividiendo el peso del espécimen entre el volumen del mismo.

Los valores de estabilidad y de flujo se obtienen ensayando los especímenes en el aparato de Marshall como a continuación se indica.

Se sumergen los especímenes en un tanque de saturación con el agua a una temperatura de 60 °C ± 0.5 °C durante un lapso de tiempo de 20 a 30 minutos, luego se sacan los especímenes del tanque y se secan, posteriormente se coloca entre las dos secciones de la cabeza de prueba del aparato de Marshall y se aplica la carga a una velocidad constante de 50 mm por minuto hasta que la falla del espécimen ocurra.

La carga máxima de falla será el valor de la estabilidad Marshall, y la deformación que sufre el espécimen se registra como el valor de flujo; además se calculará la densidad teórica máxima de la mezcla, el porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica, la relación entre el volumen ocupado por el asfalto y el volumen total de huecos que existiría si el material pétreo no contuviera asfalto.

Una vez determinado el valor de la relación entre el volumen ocupado por el asfalto y el volumen total de huecos se dibujarán las gráficas siguientes:

Peso volumétrico-contenido de asfalto.

estabilidad- contenido de asfalto.

flujo-contenido de asfalto.

% de vacíos-contenido de asfalto

% de vacíos del agregado mineral-contenido de asfalto.

Estas gráficas se pueden observar en el resumen de resultados del capítulo II figura 2.9 .

PRUEBA MARSHALL

OPERADOR _____		MATERIAL _____								MATERIAL ASPALTICO _____				OBSERVACIONES:									
FECHA _____		TAMAÑO MÁXIMO _____								ADITIVO EMPLEADO _____													
PRUEBA NÚM.	PROBETA NÚM.	P E S O (g)					VOLUMEN (cm³)				PESO VOLÚMENES (kg/m³)			VOLUMENES % TOTAL		% VÍCIOS MATERIAL PETRO		ESTABILIDAD (kg)					
		% DE CEMENTO AMALGAMADO POR 100 DE AGREGADO	% DE CEMENTO AMALGAMADO POR 100 DE MIELO	ESPECIMEN # PARAFINA EN GRS.	ESPECIMEN # EN PARAFINA EN GRS.	ESPECIMEN # PARAFINA EN GRS.	PARAFINA	ESPECIMEN PARAFINA	PARAFINA	ESPECIMEN	PESO VOLÚMENES (kg/m³)	TERMINO TÉRMINO TERMINO	CEMENTO AMALGAMADO	MATERIAL PETRO	VARIOS	% VÍCIOS	LECTURA MICROMETRO	ACTUAL ESPECIMEN (kg)	FACTOS DE CORRECCION	ESTABILIDAD CORRECTA (kg)	FLUID EN (0.01")	FLUID EN (mm)	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v		
1		5.0	4.76	1334	1294	719	40	615	45	570	2270	2.51	10.5	80.1	9.4	19.9	6.10	1.07	540	0.64	1.6		
2		5.0	4.76	1332	1289	715	43	617	49	568	2270	2.51	10.5	80.1	9.4	19.9	6.12	1.07	570	0.77	2.0		
3		5.5	5.21	1388	1343	753	45	635	51	584	2300	2.49	11.6	80.7	7.7	19.3	6.14	1.06	490	0.85	2.2		
4		5.5	5.21	1388	1344	751	44	637	50	587	2290	2.49	11.6	80.4	8.0	19.6	6.15	1.06	680	0.87	2.2		
5		6.0	5.66	1438	1388	788	50	650	57	593	2340	2.47	12.9	81.8	5.3	18.2	6.19	1.04	804	1.00	2.5		
6		6.0	5.66	1427	1380	779	47	648	53	595	2320	2.47	12.7	81.1	6.2	18.9	6.23	1.03	810	0.97	2.5		
7		6.5	6.10	1474	1420	814	54	660	61	599	2370	2.46	14.0	82.4	3.6	17.6	6.26	1.02	1200	1.10	2.8		
8		6.5	6.10	1461	1405	799	56	662	64	598	2390	2.46	13.9	81.7	4.4	18.3	6.30	1.01	1100	1.30	3.3		
9		7.0	6.54	1364	1317	736	47	628	53	575	2290	2.44	14.5	79.3	6.2	20.7	6.33	1.00	670	1.57	4.0		
10		7.0	6.54	1378	1328	741	50	637	57	580	2290	2.44	14.5	79.3	6.2	20.7	6.36	1.00	640	1.63	4.1		
											2290				6.2	20.7					4.1		

f = CONSTANTE DE ANILLO

W = DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA = $\frac{100}{\frac{\% C.A.}{D.C.A.} + \frac{\% M.P.}{D.M.P.}}$

DENSIDAD CEMENTO AMALGAMADO (D.C.A.) = 1.03

DENSIDAD MATERIAL PETRO (D.M.P.) = 2.70

DENSIDAD PARAFINA (D.P.) = 0.88

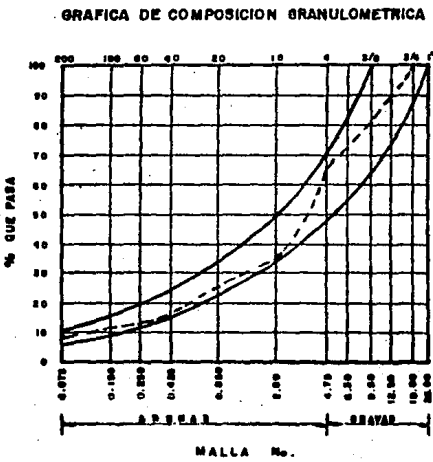
OBSERVACIONES:

INFORME DE ENSAYE DE CONCRETO ASFALTICO

OBRA <u>AEROPUERTO DE PUEBLA</u>	ENSAYE No. <u>1</u>
LOCALIZACION <u>KM 93+313 CARR. FED. MEX-PUE.</u>	FECHA DE RECIBO _____
<u>(CIUDAD, CANTON, TRAMO, KILOMETRO, GRUPO DEL GOBIERNO, ETC.)</u>	FECHA DE INF. _____

DATOS DEL MUESTREO	DESCRIPCION DEL MATERIAL <u>BASALTO</u>	PARA USARSE EN <u>CONCRETO ASE.</u>
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO _____	
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO <u>CANION</u>	
	UBICACION DEL BANCO DE DONDE PROCEDE EL MATERIAL PETREO _____	

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PETREO	P.E. SECO SUELTO kg/m³	
	MALLAS	% QUE PASA DEL PROYECTO
	Num. 20.0	
	" 10.0	100
	" 12.5	89
	" 9.5	80
	" 6.3	72
	" 4.75	67
	" 2.00	33
	" 0.850	25
	" 0.425	16
	" 0.250	14
	" 0.150	11
	" 0.075	9
	P.E. (yp), g/cm³	
ABSORCION % _____		
DESGASTE % _____		
% DE TRITURACION _____		
PART. ALARGADAS % _____		
PART. LAJEADAS % _____		
EQUIV. DE ARENA % _____		
CONTRACCION LINEAL % _____		



CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA		DEL PROYECTO
CONTENIDO ASFALTO %	6.1	
MUESTRO USADO	MARCA _____	
	TIPO _____	
	CANTIDAD % _____	
AFINIDAD _____		

CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN	ESPECIFICACION.
P.E. kg/m ³	2426
ESTABILIDAD, kg	760.3
FLUJO, mm	5.7
UNCIOS %	2.0
V.A.M. %	16.2

CARACTERISTICAS DEL ASFALTO
TPOc. <u>Asf. no. 6</u>
PENETRACION _____
VICIOSIDAD _____
TEMP. RECON. _____
TEMP. DE APLIC. _____

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

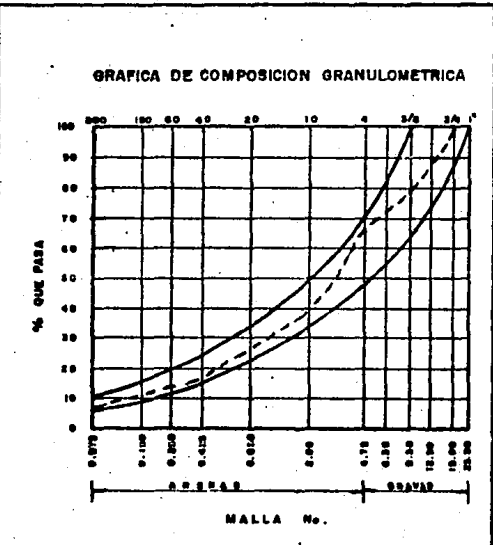
TEMPERATURA DE ESPECIMEN 110°C

INFORME DE ENSAYE DE CONCRETO ASFALTICO

OBRA <u>AEROPUERTO DE PUEBLA</u>	ENSAYE No. <u>7</u>
LOCALIZACION <u>KM 93+313 I/120 CARR. MEX-MHE</u>	FECHA DE RECIBO _____
<small>(CIUDAD, CANTON, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.)</small>	FECHA DE INF. _____

DATOS DEL MUESTREO	DESCRIPCION DEL MATERIAL <u>BASALTO TRITURADO</u>	PARA USARSE EN <u>CONCRETO ASE.</u>
	TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO _____	
	CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO <u>CANTON</u>	
	UBICACION DEL BANCO DE DONDE PROCEDE EL MATERIAL PETREO _____	

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PETREO	P.E. SECO SUELTO kg/m³	
	MALLAS	% QUE PASA DEL PROTECTO.
	Núm. 25.0	
	" 19.0	100
	" 15.0	87
	" 9.5	80
	" 6.3	72
	" 4.75	67
	" 2.00	39
	" 0.850	25
	" 0.425	16
	" 0.250	13
	" 0.150	10
	" 0.075	8
	P.E. (pp), g/cm ³ _____	
ABSORCION % _____		
DESGASTE % _____		
% DE TRITURACION _____		
PART. ALARGADAS % _____		
PART. LAJEADAS % _____		
ESQV. DE ARENA % _____		
CONTRACCION LINEAL % _____		



MARTINO USADO	CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA		DEL PROYECTO	CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN		ESPECIFICACION.	CARACTERISTICAS DEL ASFALTO	
	CONTENIDO ASFALTO %	6.0		P.E. kg/m ³	2412		TIPO c.Asf. no.6	
	MARCA			ESTABILIDAD, kg	940		PENETRACION	
	TIPO			FLUJO, mm	4.25		VISCOSIDAD	
	CANTIDAD %			VACIOS %	3.10		TEMP. RECOM.	
APINIDAD			V.A.M. %	16.6		TEMP. DE APLIC.		

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

TEMPERATURA DE ESPECIMEN 110

El asfalto es un hidrocarburo residuo de la destilación del petróleo, el cual es soluble en bisulfato de carbono, es pegajoso e impermeable, resistente a la mayoría de los ácidos, sales y alcalis, es durable en términos generales, es un material termoplástico (cambia su estado de rigidez).

Tiene tres formas de utilización:

1) Por calor. Se hace aguado y muy fluido, de esta manera se mezcla y se mete al camión y luego pasa al terminador (finisher). Todo el proceso se hace en caliente.

2) Mediante disolución. El cemento fraguará cuando se evaporan los solventes (productos asfálticos rebajados).

F.M. fraguado medio. Se califica del 1 al 12.

F.L. fraguado lento. El solvente no se evapora rápido, se califica del 1 al 12.

F.R. fraguado rápido. El solvente evapora rápido.

3) Emulsiones asfálticas: son soluciones con agua, el cemento fragua cuando se evapora el agua.

Los materiales asfálticos podrán ser cualquiera de los siguientes:

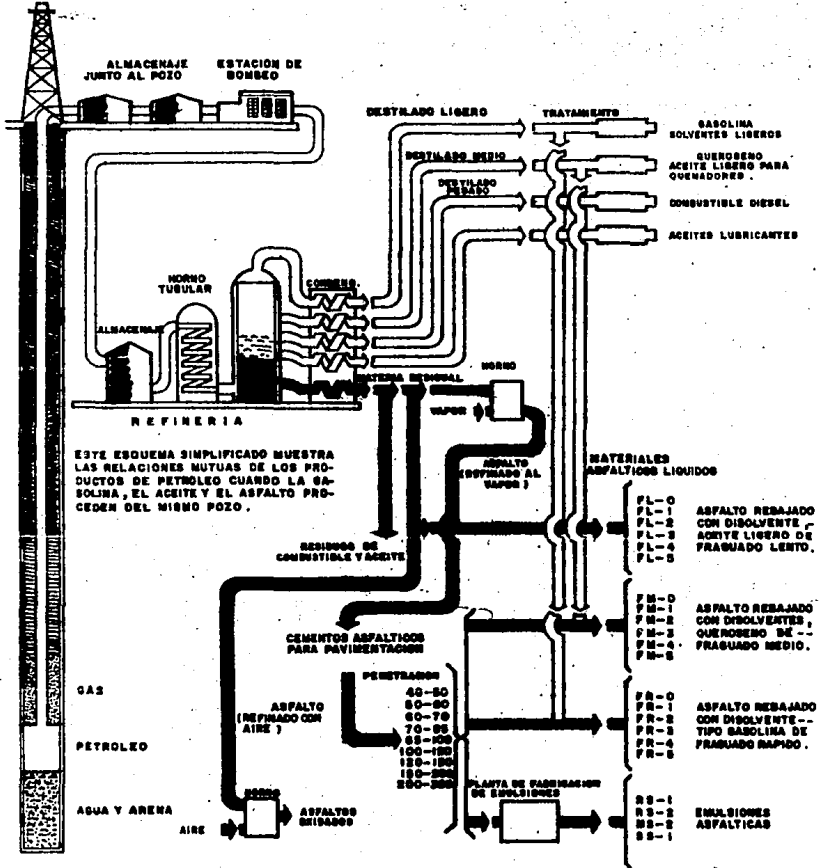
a) Asfaltos rebajados de fraguado rápido: son los materiales asfálticos líquidos compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente de tipo de la nafta o gasolina.

b) Asfaltos rebajados de fraguado medio: son los materiales asfálticos líquidos compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente del tipo queroseno.

c) Asfaltos rebajados de fraguado lento: son los materiales asfálticos líquidos compuestos de un cemento asfáltico y un disolvente de baja volatilidad o aceite ligero.

d) Emulsiones asfálticas: son los materiales asfálticos líquidos estables, formados por dos fases no miscibles, en los que la fase continua de la emulsión, está formada por agua y la fase discontinua por pequeños globulos de asfalto. Dependiendo del agente emulsificante, las emulsiones asfálticas pueden ser: aniónicas, si los globulos de asfalto tienen carga electronegativa, o catiónicas, si los globulos asfálticos tienen carga electropositiva. Las emulsiones asfálticas pueden ser de rompimiento rápido, medio y lento.

POZO DE PETROLEO



OBTENCION DE ASFALTOS DE PETROLEO

PRODUCTOS RESULTANTES

- 1.- Cemento asfáltico.- Es el residuo de la destilación del petróleo y se calienta para ser utilizada.
- 2.- Asfaltos rebajados.- Las mezclas se hacen en una planta o "in situ".
- 3.- Emulsiones.- Se utilizan en frío e "in situ".

Las propiedades de los productos asfálticos son las siguientes:

- 1) Consistencia adecuada
- 2) Dureza
- 3) Seguridad (con respecto a su trabajabilidad y su uso).

Pruebas de importancia para conocer las propiedades de los productos asfálticos:

a) Pruebas para cementos asfálticos

- 1.- Punto de reblandecimiento
- 2.- Penetración
- 3.- Viscosidad
- 4.- Encendido
- 5.- Película delgada
- 6.- Ductibilidad y solubilidad

b) Pruebas para asfaltos rebajados

- 1.- Viscosidad
- 2.- Punto de encendido (FR y FM)
- 3.- Destilación
- 4.- Prueba para determinar el contenido de agua
- 5.- Prueba de flotación en el residuo de la destilación

c) Pruebas para emulsiones

- 1.- Viscosidad
- 2.- Destilación
- 3.- Asentamiento
- 4.- Demulsibilidad
- 5.- Desprendimiento de la película
- 6.- Carga de la partícula

TERRACERIAS

CARACTERISTICA	DESEABLE	ADECUADA	TOLERABLE
TAMANO MAXIMO mm	76	1500 o 0.5 esp de capa	2000 o 0.5 esp de capa
% < malla No 200	30 max	---	---
WL (%)	40 max	50 max	60 max
I.P. (%)	---	---	25 max
AASHTO Estandar (%)	95 min	90 \pm 2	90 \pm 2
VRS (%)	10 min	10 min	10 min
Expansion (%)	---	---	3

TABLA 2.8

SUBRASANTE

CARACTERISTICA	DESEABLE	ADECUADA	TOLERABLE
TAMANO MAXIMO mm	76	76	76
% < malla No 200	25 max	35 max	---
WL (%)	30 max	40 max	50 max
I.P. (%)	10 max	20 max	25 max
AASHTO Estandar (%)	100 min	100 \pm 2	100 \pm 2
VRS (%)	20 min	15 min	15 min

TABLA 2.9

SUB-BASES Y REVESTIMIENTOS

CARACTERISTICA	DESEABLE	TOLERABLE	REVESTIMIENTO
TAMANO MAXIMO mm	76	76	76
% < malla No 200	15 max	25 max	10-25
Zona granulométrica	1 y 2	1 a 3	---
WL (%)	25 max	30 max	35 max
I.P. (%)	6 max	10 max	4-10
E.A. (%)	40 min	30 min	---
*AASHTO Modif (%)	100 min	100 min	100 min **
VRS (%)	40 min	30 min	30 min

*AASHTO T180-78

**AASHTO Estándar

TABLA 2.10

BASES

CARACTERISTICA	DESEABLE	ADECUADA
TAMANO MAXIMO mm	76	76
% < malla No. 200	10 max	15 max
Zona granulométrica	1 y 2	1,2 y 3
WL (%)	25 max	30 max
I.P. (%)	6 max	6 max
E.A. (%)	50 min	40 min
* AASHTO Modif. (%)	100 min	100 min
VRS (%)	100 min	80 min
Desgaste Los Angeles	40 max	40 max

* AASHTO T180-78

TABLA 2.11

2.5 RESUMEN DE RESULTADOS

CARPETA ASFALTICA

BANCO: SAN BERNABE

MUESTRA	GRANULOMETRIA			PE kg/m ³	ESTABILIDAD	FLUJO	VACIOS %	V.A.M.	CARACTERISTICAS DEL ASFALTO TIPO	CONTENIDO DE ASFALT
	G %	A %	F %							
1	-	92	8	2426	760.3	5.75	2.0	16.2	c.Asf.No. 6	6.1
2	-	93	7	2356	700.0	7.25	3.7	17.8	c.Asf.No. 6	6.1
3	-	92	8	2265	700.0	2.75	8.8	21.8	c.Asf.No. 6	6.1
4	-	93	7	2392	732.0	2.5	7.2	20.4	c.Asf.No. 6	6.1
5	-	93	7	2365	800.0	4.2	5.5	21.1	c.Asf.No. 6	6.0
6	-	93	7	2326	803.0	3.2	4.9	20.3	c.Asf.No. 6	6.0
7	-	92	8	2412	940.0	4.25	3.10	16.4	c.Asf.No. 6	6.0
8	-	93	7	2400	860.0	4.0	3.4	18	c.Asf.No. 6	5.0
9	-	93	7	2383	854.0	4.0	4.3	17	c.Asf.No. 6	6.0

TABLA 2.12

SUB_BASE

BANCO: MEZCLA 85% TEPEYECAC 15% AEROPUERTO

MUESTRA	LIMITES		CL	GRANULOMETRIA				CLASIFICACION SOP	EA	PORTER VRS %	ESTANDAR % de Exp.	max kg/m ³	v opt %
	LL	IP		G	A	F							
	%	%		%	%	%	%						
1	21.6	INAP	INAP	-	86	14		SM	54.5	127	0.0	1800	13.8
2	22.9	INAP	INAP	-	87	13		SM	54.5	127	0.0	1810	12.6
3	20.5	INAP	INAP	-	88	12		SM	54.1	147	0.0	1800	14.6
4	26.0	INAP	INAP	-	88	12		SM	30.7	132.7	0.0	1679	15.1
5	25.7	INAP	INAP	-	88	12		SM	41.3	117.6	0.0	1750	17.0
6	25.3	INAP	INAP	-	85	15		SM	42.1	95.6	0.0	1755	13.7

TABLA 2.13

BASE

BANCO:MEZCLA 85% TEPEYECAC 15% AEROPUERTO

MUESTRA	LIMITES		CL	GRANULOMETRIA			CLASIFICACION SOP	EA PORTER		ESTANDAR %	max kg/m3	v opt. %
	LL	IP		G	A	F		VRS	%			
	%	%		%	%	%		%	de Exp.			
1	25.9	9.4	3.0	-	87	13	GC	29.6	121	0.0	2100	8.3
2	28.7	9.7	3.2	-	85	15	GC	29.0	117	0.0	2110	7.5
3	25.0	5.2	1.8	-	87	13	GC	34.7	113	0.0	2110	8.0

TABLA 2.16

SUB_BASE

BANCO: MEZCLA 85% TEPEYECAC 15% AEROPUERTO

MUESTRA	LIMITES		CL	GRANULOMETRIA			CLASIFICACION SOP	EA	PORTER VRS %	ESTANDAR % de Exp.	max kg/m ³	w opt %
	LL	IP		G	A	F						
	%	%		%	%	%						
1	21.6	INAP	INAP	-	86	14	SM	54.5	127	0.0	1800	13.8
2	22.9	INAP	INAP	-	87	13	SM	54.5	127	0.0	1810	12.6
3	20.5	INAP	INAP	-	88	12	SM	54.1	147	0.0	1800	14.6
4	26.0	INAP	INAP	-	88	12	SM	30.7	132.7	0.0	1679	15.1
5	25.7	INAP	INAP	-	88	12	SM	41.3	117.6	0.0	1750	17.0
6	25.3	INAP	INAP	-	85	15	SM	42.1	95.6	0.0	1755	13.7

TABLA 2.13

BASE

BANCO: SAN BERNABE

MUESTRA	LIMITES		CL	GRANULOMETRIA			CLASIFICACION SOP	EA	PORTER VRS	ESTANDAR Z de Exp.	max kg/m ³	w opt %
	LL	IP		G	A	F						
	%	%		%	%	%						
1	31.2	8.7	2.8	-	88	12	GP GC	37.0	147	0.0	2030	11.7
2	30.2	11.9	4.0	-	91	9	GP GC	37.2	128.7	0.0	2170	8.9
3	28.6	9.2	3.1	-	89	11	GP GC	41.0	142	0.0	2120	8.9
4	24.8	9.1	2.9	-	90	10	GP GC	44.0	132	0.0	2220	9.1
5	25.6	8.8	3.0	-	88	12	GP GC	44.0	132	0.0	2205	9.2
6	24.2	8.4	2.8	-	94	6	GP GC	55.4	125	0.0	2130	7.1
7	24.7	9.1	2.9	-	94	6	GP GC	50.0	127	0.0	2105	7.7
8	25.7	9.2	3.0	-	92	8	GP GC	46	125	0.0	2070	9.3
9	26.0	10.0	3.2	-	92	8	GP GC	44.4	132	0.0	2050	8.9
10	22.6	6.8	2.2	-	89	11	GP GC	56	132	0.0	2210	7.8

TABLA 2.14

BASE

BANCO:MEZCLA 85% TEPEYECAC 15% AEROPUERTO

MUESTRA	LIMITES		CL	GRANULOMETRIA			CLASIFICACION	EA PORTER		ESTANDAR	max	v opt.	
	LL	IP		G	A	F		SOP	VRS				%
	%	%		%	%	%		%	%				de Exp.
1	25.9	9.4	3.0	-	87	13	GC	29.6	121	0.0	2100	8.3	
2	28.7	9.7	3.2	-	85	15	GC	29.0	117	0.0	2110	7.5	
3	25.0	5.2	1.8	-	87	13	GC	34.7	113	0.0	2110	8.0	

TABLA 2.15

TERRENO NATURAL

MUESTRA	LIMITES		CL	GRANULOMETRIA			CLASIFICACION SOP	EA PORTER		ESTANDAR % de Exp.	max kg/cm ²	w opt %	PORTER MODIFICADA		
	LL %	IP %		G %	A %	F %		VRS %	VRS				90% VRS	95% VRS	100% VRS
PCA 1	25	10	3.5	-	57	43	SC	13.2	24.5	1.10	1792	15.8	8.1	26.0	45.0
PCA 2	23	7	3.4	-	60	40	SC	12.6	20.0	1.08	1795	15.8	7.9	24.0	42.0
PCA 3	26	11	3.8	-	57	43	SC	11.9	38.0	1.01	1760	16.6	5.3	15.0	29.5
PCA 4	29	13	5.4	-	55	45	SC	13.0	23.0	0.9	1730	18.1	7.0	14.0	32.0
PCA 5	25	9	3.8	-	53	47	SC	16.5	29.0	0.84	1755	16.1	8.7	27.0	56.0

TABLA 2.16

TERRACERIAS

BANCO: AEROPUERTO

MUESTRA	LIMITES		CL	GRANULOMETRIA			CLASIFICACION SOP	EA	PORTER VRS	ESTANDAR % de Exp.	max kg/m ³	w opt %	PORTER MODIFICADA		
	LL	IP		G	A	F							90%	95%	100%
	%	%													
PCA 1	30	9	3.8	-	57	43	SC	26.0	66.0	0.40	1575	21.8	14.0	25.5	57.0
PCA 2	25	9	3.8	-	58	42	SC	12.5	26.5	0.65	1746	16.4	8.3	19.0	41.0
PCA 3	25	10	3.8	-	61	39	SC	13.1	22.0	0.30	1740	16.8	11.6	29.0	57.0
PCA 4	22	8	3.6	-	62	38	SC	14.0	38.0	0.30	1800	15.0	7.5	22.0	45.0
PCA 5	23	8	3.2	-	65	35	SC	-	36.0	0.28	1830	14.5	17.0	32.0	62.0

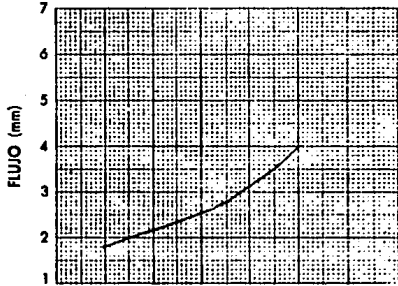
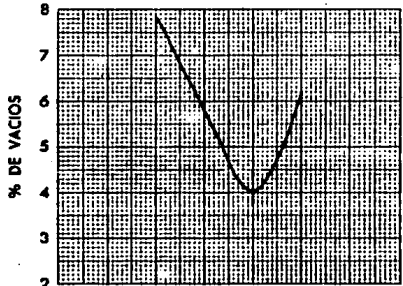
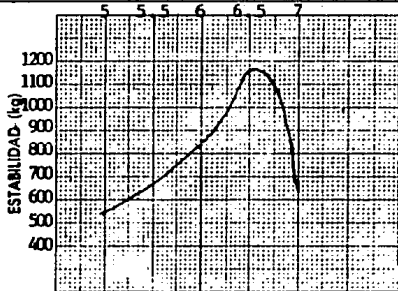
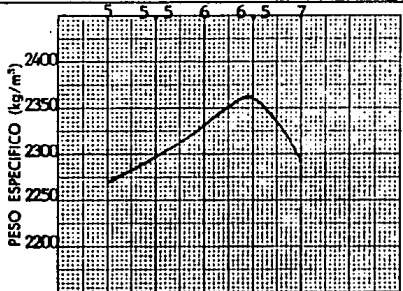
TABLA 2.17

PRUEBA MARSHALL

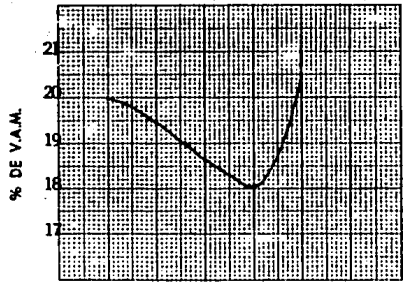
OBRA AEROPUERTO DE PUEBLA ENSAYE N° _____
 LOCALIZACION km 093+313 LADO IZO. DE LA CARRETERA FEDERAL MEXICO-PUEBLA. FECHA DE RECIBO _____
(CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.) FECHA DE INFORME _____

MATERIAL PARA CAPA DE CONCRETO ASFALTICO
 UBICACION DE LA PLANTA ESTACIONARIA EN LA OBRA
 OBJETO DEL ENSAYE _____ ESTUDIO (X) _____

REVISION () _____



% C.A. EN PESO RESPECTO AL AGREGADO



CARACTERISTICAS	DATOS OBTENIDOS	ESPECIFICACIONES
CONTENIDO OPTIMO DE C.A. (%)	6.5	---
PESO ESPECIFICO (kg/m³)	2360	---
VACIOS (%)	4.0	3-5
V.A.M. (%)	18.0	14 min
ESTABILIDAD (kg)	1150	700 min
FLUJO (mm)	3.1	2-4

ESPECIMEN COMPACTADO CON 75 GOLPES
 GOLPES DEL PISON POR CARA A LA TEMPERATURA
 DE 110 °C

% C.A. EN PESO RESPECTO AL AGREGADO

EL LABORABISTA _____	EL JEFE DEL LABORATORIO _____	Vo. Bo. _____
----------------------	-------------------------------	---------------

CAPITULO III
PROYECTO DE PAVIMENTOS

La planeación de un aeropuerto es un proceso tan complejo que no se puede analizar una actividad sin tomar en cuenta los efectos en otras actividades. Un aeropuerto envuelve un gran número de conceptos que tienen requerimientos variados y frecuentemente conflictivos; aún, hay tal interdependencia que un simple concepto puede limitar la capacidad de todo el complejo. El sistema aeroportuario está dividido en dos grandes componentes: tierra y aire. Los edificios terminales forman la división entre los dos componentes. Dentro del sistema, las características de los aviones ya sea en tierra o en aire, tienen gran influencia en la planeación.

El concepto que analizaremos en esta tesis es el de pavimentos, en especial la estructuración de las capas que forman éste, dejando a un lado lo concerniente a proyecto geométrico (longitud, anchura, configuración, estudios de obstáculos, etc.).

El campo del proyecto de pavimentos es dinámico por lo cual cambia continuamente y se van teniendo numerosos datos disponibles de estudio.

Hay muchos métodos de proyecto de pavimentos disponibles debido a los diferentes criterios formados en el mundo; en particular tienen mayor influencia en el proyecto los materiales que son disponibles para la construcción. Existen, sin embargo, principios de proyecto que son comunes a todos los problemas.

Los parámetros más importantes para determinar los espesores de los pavimentos son: la distribución de las cargas de los aviones, la configuración de los trenes de aterrizaje de estos, así como las características de los materiales con que se construirá el propio pavimento.

La distribución de la carga entre el tren principal y el tren nariz depende del tipo de aeronave y de la localización de su centro de gravedad. Para cualquier peso bruto hay un máximo en popa y una posición delantera del centro de gravedad, en el cual la aeronave puede ser cargada para vuelo con el fin de mantener su estabilidad. De esta forma la distribución de peso entre la nariz y los trenes principales no es constante.

Para el proyecto de pavimentos es común asignar el 5% de la carga al tren nariz y el 95% a los trenes principales. De esta forma si hay dos trenes principales, cada uno soportará el 45% del peso total. Por ejemplo, si el peso de despegue de una aeronave es de 300,000 lb, cada tren principal soportará 135,000 lb, si el tren principal tiene cuatro ruedas cada rueda soportará 33,750 lb.

Los tipos de aviones y los diferentes arreglos de tren de aterrizaje pueden ser divididos en tren de rueda sencilla y de ruedas dobles, en ejes sencillos y en tandem, y rueda nariz y trenes de aterrizaje de triciclo o biciclo.

La condición de despegue gobierna el grosor del pavimento ya que bajo esta condición la carga es mayor debido al peso del combustible. (Ver Tipos de Aviones inciso 3.2).

La longitud de las pistas puede ser o no determinada con base a las condiciones de despegue dependiendo de un número de factores, tales como la temperatura, altitud, peso máximo de despegue y pendiente de la pista.

3.2

TIPOS DE AVIONES

AERONAVE	MASA TOTAL kg	% DE CARGA EN RUEDA	DISPOSICION DE RUEDAS	CARGA SOBRE CADA PATA kg	PRESION DE NEUMATICOS MPa
IA 300	142000	7.0	DT	66030	1.23
IB 707-120	117027	6.6	DT	54652	1.17
IB 707-320	148458	8.0	DT	68432	1.24
IB 747-100	317800	6.4	COM	75678	1.50
IB 747-SF	300730	8.4	COM	68867	1.30
IB 747-200	352893	5.6	COM	83283	1.37
IB 727-100	72640	9.6	D	34854	1.14
IB-727-200	86487	7.6	D	36254	1.15
IB 737-100	44361	7.6	D	20495	0.92
IB 737-200	52437	7.2	D	21215	0.95
IB 757-200	109300	9.6	DT	49404	1.17
IB 767-200	143800	7.4	DT	66579	1.31
CONCORD	185066	4.0	DT	88083	1.26
DC-3	11430	6.4	Sin	5349	0.31
DC-4	33113	6.5	D	15480	0.53
DC-6	44040	12.5	D	19266	0.48
DC-8-43	144242	7.0	DT	67073	1.22
DC-8-55	148778	6.0	DT	69926	1.28
DC-8-61	148778	4.0	DT	71413	1.3
DC-9-15	41142	7.6	D	19715	0.9
DC-9-21	45813	5.7	D	21624	0.98
DC-9-32	49032	7.6	D	22842	1.05
DC-9-81	63958	4.4	D	30572	1.17

DC-10-10	196406	5.7	DT	92605	1.28
DC-10-30	253105	8.4	COM	95421	1.17
HS748-2	21092	12.8	D	9196	0.59
L1011-1	195952	5.2	DT	92881	1.33
L1011-100	204300	6.4	DT	99348	1.21

LISTA DE ABREVIATURAS EMPLEADAS EN LA TABLA

COM DISPOSICION COMPLEJA DE RUEDAS

D RUEDAS DOBLES

DT RUEDAS DOBLES EN TANDEM

kg KILOGRAMOS

MPa MEGAPASCALES

3.3 SECCIONES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO

Se definirá pavimento, como la estructura consistente en una o más capas de materiales apropiados cuya finalidad principal es la de proporcionar una superficie de rodamiento que permita un tránsito adecuado de los aviones, distribuyendo convenientemente las cargas concentradas de tal manera que la capacidad de soporte de las capas de apoyo no se exceda.

existen dos tipos de pavimentos:

pavimentos flexibles.- Son aquellos terminados con una losa de concreto asfáltico.

pavimentos rígidos.- Son aquellos terminados con una losa de concreto hidráulico.

Un pavimento flexible típico está constituido por una carpeta asfáltica relativamente delgada que actúa como superficie de rodamiento; la carpeta se apoya sobre la capa llamada base hidráulica, y esta a su vez, sobre la capa denominada sub-base. La sub-base puede descansar sobre una subrasante mejorada debajo de la cual se encuentra la subrasante natural o suelo natural.

REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS PAVIMENTOS

-Debe ser una estructura por si misma y por el tiempo del proyecto estable.

-Debe ser resistente al intemperismo.

-Debe tener una textura adecuada.

-Debe ser durable.

-Debe ser impermeable.

-Debe ser económico.

CARACTERISTICAS QUE DEBEN TENER LOS PAVIMENTOS

-Resistencia estructural.

-Costo.

-Deformabilidad.

-Conservación.

-Durabilidad.

-Comodidad.

Las cargas del tránsito producen deformaciones de dos clases: elásticas y plásticas.

Las deformaciones elásticas son de recuperación instantánea, y las plásticas son las que permanecen en el pavimento después de cesar la causa deformadora, la deformación plástica tiende a hacerse acumulativa, la deformación elástica repetida preocupa sobre todo en los materiales de resistencia a la tensión colocados en la parte superior de la estructura, en los que pueden llevar a generar falla por fatiga si el monto de la deformación es importante.

CARPETA ASFALTICA (ca).

El propósito de la carpeta es la de proteger a los vehículos una superficie de rodamiento uniforme y bien aglutinado de tal manera que no se le suelten partículas que pueden poner en peligro a los vehículos o a las personas.

- | | |
|-------------------|--|
| Funciones de (ca) | -Debe presentar una superficie de rodamiento adecuada con cualidades antiderrapantes pero sin causar excesivo desgaste en las llantas. |
| | -Debe resistir los esfuerzos cortantes ocasionados por el tránsito y transmitir las cargas a la base. |
| | -Debe evitar que el agua superficial penetre a la base. |

Para poder cumplir adecuadamente con los requerimientos mencionados es de primordial importancia el correcto proyecto y control de calidad de los materiales, ya que la "ca" debe poseer una máxima durabilidad y estabilidad, lo que se logra con una adecuada calidad de agregados y producto asfáltico.

BASE (bh)

Se puede decir que la base hidráulica es el componente estructural más importante de un pavimento flexible.

- Debe proporcionar la resistencia estructural al conjunto.
- Debe soportar los altos esfuerzos impuestos por las cargas concentradas aplicadas en la superficie del pavimento.
- Debe distribuir las cargas adecuadamente.
- Debe evitar que se presenten deformaciones por corte y consolidación de la subrasante.
- Debe proporcionar protección contra las heladas.

La calidad de una bh depende de su composición, de las propiedades físicas adecuadas de sus agregados así como de su compactación.

Así se tienen:

- bases asfálticas, las constituidas por materiales seleccionados aglutinados con un producto asfáltico en caliente.
- bases de agregados triturados.
- bases agregados con roca caliza.
- bases de Macadam de penetración.
- bases asfálticas elaboradas en frío.
- bases tratadas con cemento (pavimento combinado).

SUB-BASE (sb)

La sub-base se considera como una parte integral de la estructura de un pavimento flexible, sus funciones son similares a las de la bh, sin embargo, debido a que está protegida por la bh y por la ca su calidad puede ser inferior a la de la bh, la cual constituye una buena alternativa desde el punto de vista de la economía, sin menoscabo de la capacidad estructural del pavimento.

Se puede definir la sb y la bh como capas sucesivas de materiales seleccionados que se constituyen sobre la subrasante y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, destruyéndolos en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en estas.

En esta definición, el término "terracerías" se refiere a la masa de suelo o rocas en la cual se apoya el pavimento.

La sb se considera como la capa de transición entre la estructura propiamente dicha y el terreno natural (tn).

SUBRASANTE (csr)

Los suelos de la capa subrasante están sujetos a esfuerzos menores que los de las capas superiores del pavimento, es decir, la ca, la bh, y la sb. Los esfuerzos en la csr y en cualquier capa decrecen con la profundidad, pero para el proyecto generalmente se toma la correspondiente a la parte superior de la csr. Cuando existen diferentes tipos de suelo en la csr o cuando hay variaciones en los contenidos de humedad o en las densidades, la localización del esfuerzo del proyecto puede variar.

Generalmente, el proyecto de un pavimento prevé la compactación de la capa superior del suelo natural con objeto de mejorar su capacidad de soportar los esfuerzos.

3.4

PARAMETROS DE RESISTENCIA

3.4.1

PRUEBA DEL CUERPO DE INGENIEROS

El U.S. Army Corps of Engineers ha desarrollado un método de prueba el cual utiliza las pruebas AASHTO estándar y modificada de compactación que son pruebas dinámicas como se mencionó anteriormente y otra prueba con energía de compactación intermedia. Se trata de reproducir de forma aproximada las condiciones de compactación logradas con el equipo de campo.

La textura del suelo, su contenido de agua y su condición de compactación son los factores que más afectan a los valores obtenidos en la prueba del VRS.

Los resultados de una prueba completa para la determinación del VRS se vacian en una combinación de tres gráficas (figura 3.1):

- a) P.E. Seco en kg/m³ - humedad de prueba en %
- b) VRS en % - humedad de prueba en %
- c) VRS en % - P.E. Seco en kg/m³

a) En esta gráfica aparecen resultados de las pruebas de compactación que se realizaron para fabricar los especímenes en que se efectuaron las pruebas de VRS. Según la norma del Cuerpo de Ingenieros, las pruebas de compactación serán del tipo de impactos con energías de compactación decrecientes.

b) En esta gráfica aparecen los resultados típicos de las pruebas de VRS para los mismos especímenes a que se refería la parte (a); el VRS no es una característica constante del suelo sino que depende de la energía y método de compactación. Existe un VRS máximo, que corresponde a una humedad óptima de compactación. Para los suelos con contenido de agua alto, el VRS del suelo compactado con mayor energía específica puede ser menor que el que se obtiene usando una energía menor, con tal de que el contenido de agua sea más bajo; sin embargo, el máximo VRS obtenible si es mayor cuando la energía de compactación es mayor.

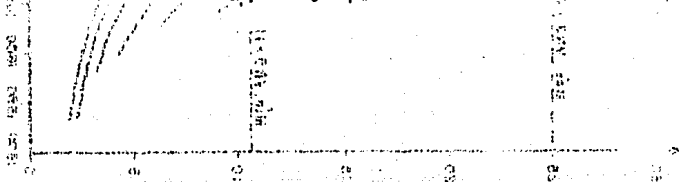
c) De esta gráfica pueden obtenerse conclusiones de valor práctico muy grande y que, de hecho, ilustra el procedimiento que recomienda el U.S. Army Corps of Engineers para elegir el valor de VRS de proyecto en un caso particular dado. En esta gráfica se dibujan los valores de VRS contra los pesos específicos secos de los especímenes probados; cada curva dibujada corresponderá a pruebas de penetración con la misma humedad de compactación pero compactado con diferentes energías específicas, y se obtiene fijando una humedad, por ejemplo 14 % en la gráfica (a), pueden obtenerse los tres pesos específicos que corresponden a la humedad 14%, con las diferentes energías de compactación usadas; en la gráfica (b) pueden obtenerse los valores del VRS en esos tres casos. Se tienen así tres pesos específicos y tres valores del VRS obtenidos en tres especímenes compactados con 14% de humedad, usando las tres energías específicas que se hayan manejado. Con estos tres pares de valores se construye la curva de 14% de (c).

Las curvas de la gráfica (c) indican que no siempre a mayor peso específico se tienen mayores valores de VRS. Todo depende del contenido de agua del suelo.

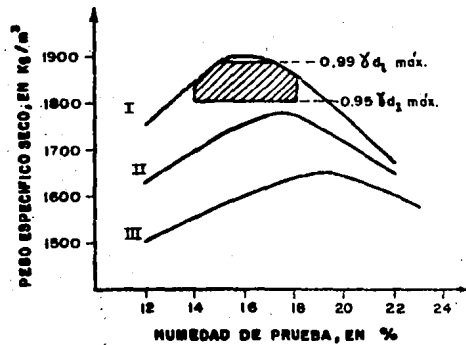
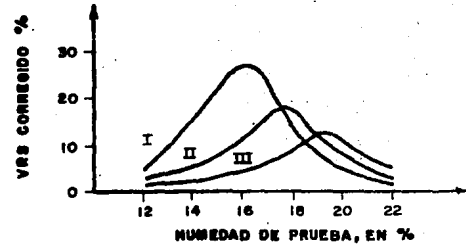
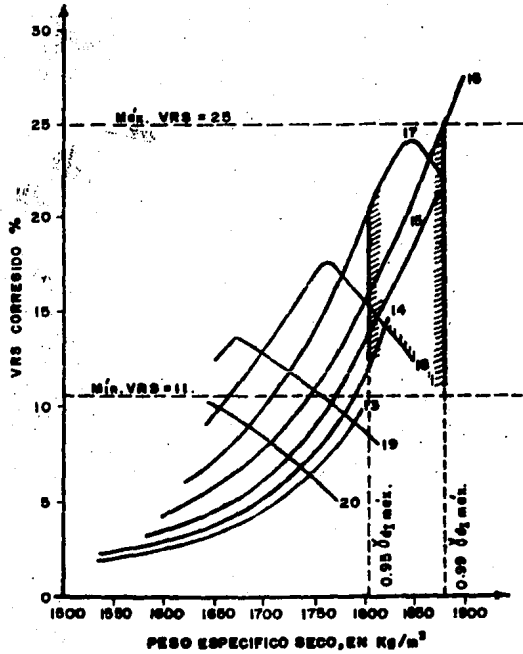
Lo anterior proporciona un método de trabajo práctico. Por ejemplo:

De las gráficas a, b y c supóngase que en el campo se va a trabajar con un contenido de agua comprendido entre 14% y 18%. Supóngase también que se desea obtener en el campo un peso específico seco comprendido entre el 95% y el 97% del máximo correspondiente a la energía I. Estos valores determinan el intervalo de humedades y pesos específicos que deben exigirse en el campo (zona rayada de la gráfica c).

Ahora en la gráfica se ve que para humedades entre 14% y 18% y los pesos específicos seleccionados, el VRS puede oscilar entre 11% y 25% aproximadamente; también puede verse cuán peligroso sería en el campo que la humedad subiera a 18%, pues en ese caso el valor de VRS del suelo se abatiría muy fuertemente. Con base a lo anterior podría fijarse un VRS de proyecto próximo al límite inferior del orden de 12%, por ejemplo.



ELECCION DEL VRS DE DISEÑO (CRITERIO DEL CUERPO DE INGENIEROS)



NOTA : EL NUMERO EN CADA CURVA ES LA HUMEDAD DE PRUEBA.

3.5

PROYECTO DE PAVIMENTOS

PRACTICA DE MEXICO (METODO DE LA AFA)

3.5.1

INTRODUCCION

La experiencia obtenida para el proyecto de aeropuertos se basa en la construcción de cientos de aeropuertos de los Estados Unidos de Norteamérica y en la que existe una enorme variedad de métodos de proyecto para los pavimentos. Basta decir que en los Estados Unidos por ejemplo, muchos estados tienen sus propios métodos para comprender la variedad de criterios que imperan.

A pesar de que en México se desarrolló la aviación civil en 1928 y en 1929 se establece el primer servicio internacional, se creó la necesidad de construir un aeropuerto civil en la ciudad de México y en Tampico Tamaulipas.

A partir de este momento, es cuando empieza a intervenir la ingeniería y la técnica de operaciones iniciándose la construcción de aeropuertos en los estados del país.

Ahora México cuenta con aproximadamente 100 aeropuertos distribuidos en nuestro país, con la experiencia obtenida años atrás y con base a los métodos de cálculo de los E.U. se ha incrementado la inquietud de mejorar los procesos constructivos y mantenimiento de nuestros aeropuertos.

Las fuertes cargas actuales, velocidad de tránsito y el número de repeticiones, condiciones climatológicas, topográficas, etc. hicieron que en la actualidad las técnicas de construcción de pavimentos hayan sufrido una evolución muy rápida con una definida tendencia, infortunadamente no siempre acompañada con el éxito, ha adquirir cada vez mejores bases teóricas que refuercen, justifiquen y permitan aplicar con buen criterio, el ya muy grande conocimiento observacional que a la fecha se va teniendo.

Esto a logrado que México participe como miembro de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y comparta experiencias con países latinoamericanos, mediante cursos celebrados anualmente.

La Administración Federal de Aviación (AFA) o Federal Aviation Administration (FAA), ha adoptado recientemente el método de calcular y notificar las resistencias de los pavimentos de aeropuerto en función del peso bruto de las aeronaves, por cada tipo de tren de aterrizaje.

Esto permite evaluar un pavimento respecto a su calidad idónea para soportar los varios tipos y pesos de aeronaves.

La comparación entre la resistencia del pavimento (notificada como peso bruto que se refiere a aeronaves equipadas con trenes de aterrizaje de ruedas simples, ruedas gemelas y ruedas dobles en tándem), y el peso bruto efectivo de una determinada aeronave, establecerá la idoneidad del pavimento para que pueda operar la aeronave. En 1978 la Administración Federal de Aviación adoptó el método del índice de resistencia valor relativo de soporte (VRS) también conocido como índice de resistencia de California (CBR) para el cálculo de pavimentos flexibles; la hipótesis de carga sobre los bordes para el cálculo de los pavimentos rígidos y el sistema unificado de clasificación de suelos.

Aquí se presenta una descripción detallada de los procedimientos y criterios vigentes que la AFA ha considerado necesario seguir al proyectar los pavimentos y al llevar a cabo una evaluación de la resistencia de los mismos.

PROYECTO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Las curvas de cálculo del pavimento flexible que se presentan en esta sección se basan en el valor relativo de soporte VRS. El método de cálculo VRS es básicamente empírico; con todo, el método ha sido objeto de numerosas investigaciones y se han preparado correlaciones fiables. Las configuraciones de los trenes de aterrizaje se relacionan utilizando conceptos teóricos e igualmente datos preparados empíricamente. Las curvas de cálculo proporcionan el espesor total requerido de los pavimentos flexibles (carpeta asfáltica, base y capa subrasante) necesarios para soportar un peso dado de aeronave sobre un terreno natural dado. Las curvas muestran asimismo los espesores de carpeta asfáltica requeridos. Los espesores mínimos de la base hidráulica se indican en una curva separada.

El pavimento de un aeropuerto y las aeronaves que en él operan representan un sistema interrelacionado que puede reconocerse con el proceso de cálculo de pavimento. Con el fin de producir un proyecto satisfactorio, hay que cumplir con las consideraciones de cálculo relacionadas tanto con la aeronave como con el pavimento. Se requeriría un control esmerado de la construcción y cierto grado de mantenimiento que llegue a la vida útil nominal prevista.

Los pavimentos se calculan para proporcionar una vida útil finita y se prevén las fallas por fatiga. Una construcción deficiente y una ausencia de mantenimiento preventivo con frecuencia tendrán como consecuencia que aun el pavimento mejor calculado presente un comportamiento decepcionante.

La determinación de los requisitos de espesor de pavimentos es un problema técnico complejo. Los pavimentos se encuentran sometidos a una amplia variedad de cargas y efectos climáticos.

El proceso de cálculo comprende un gran número de variables interrelacionadas que con frecuencia resulta difícil cuantificar.

Aunque se han llevado a cabo numerosas investigaciones y algunas otras se realizan actualmente, ha sido imposible llegar a una solución matemática directa de los requisitos del espesor. Por esta razón, la determinación del espesor del pavimento debe basarse en el análisis teórico de distribución de las cargas por los pavimentos y los suelos.

En el análisis de los datos experimentales relativos al pavimento y en un estudio del comportamiento de los pavimentos en condiciones de servicio real. Las curvas de espesor de pavimentos que se presentan en este capítulo se han preparado mediante correlaciones e los datos obtenidos de estas fuentes.

Los pavimentos calculados de acuerdo con estas normas están previstos para proporcionar una vida útil estructural de veinte años, libres de grandes obras de mantenimiento, salvo que ocurran modificaciones de magnitud en el tránsito previsto. Es probable que el reacondicionamiento de la superficie y la renovación de las propiedades de resistencia a la fricción sean necesarios antes de los veinte años, debido a los efectos climáticos destructivos y a los efectos del deterioro causado por el uso normal.

El cálculo estructural de los pavimentos de los aeropuertos consiste en determinar tanto el espesor total del pavimento como

el espesor de las partes componentes del mismo. Hay varios factores que ejercen influencias sobre el espesor de pavimento requerido para proporcionar un servicio satisfactorio. Estos factores son: la magnitud y el carácter de las cargas de las aeronaves que han de soportarse, el volumen del tránsito, la concentración del tránsito en ciertas zonas y la calidad de las capas de los materiales que constituyen la estructura del pavimento.

I) CARGA.

El método de cálculo de pavimentos se basa en el peso bruto del aeronave. Para fines del cálculo de pavimento, debería preverse el peso máximo de despegue de la aeronave. El procedimiento de cálculo supone que el 95% del peso bruto es soportado por los trenes de aterrizaje principales y el 5% por el tren nariz. El peso máximo de despegue debería utilizarse en el cálculo del espesor del pavimento requerido. Se recomienda utilizar el peso máximo de despegue para proporcionar cierto grado de prudencia en el cálculo, justificado por el hecho de que pueden presentarse cambios en el uso operacional y reconociendo el hecho de que el tránsito previsto es a lo sumo aproximado. Si no se tiene en cuenta el tránsito de llegada, se anula una parte de la prudencia.

II) TIPO Y GEOMETRIA DEL TREN DE ATERRIZAJE.

a) El tipo de tren de aterrizaje y su configuración determinan de qué modo se distribuye el peso de la aeronave en el pavimento y establecen la respuesta del pavimento a las cargas producidas por la aeronave. No habría sido práctico preparar curvas de cálculo para cada tipo de aeronave. Sin embargo, como el espesor de los pavimentos, depende de las dimensiones y del tipo de tren de aterrizaje, sería necesario trazar curvas de cálculo separadas a menos que pudieran plantearse hipótesis válidas para reducir el número de variables.

El examen de la configuración del tren, las zonas de contacto de los neumáticos y la presión de los mismos en uso común, indican que se sigue una tendencia determinada relacionada con el peso bruto de la aeronave. En consecuencia, podrían plantearse hipótesis razonables y trazarse curvas de cálculo a partir de los datos supuestos que se mencionan a continuación:

1) Aeronaves de tren simple. No se requiere ninguna hipótesis especial.

2) Aeronave de ruedas gemelas. Un estudio del espacio entre las ruedas gemelas para estas aeronaves indicaba que una dimensión de 0.51 m (20") entre ejes de los neumáticos, parecía razonable para las aeronaves ligeras y una dimensión de 0.86 m (34") entre el eje de los neumáticos parecía razonable para las aeronaves más pesadas.

3) Aeronave con pierna de cuatro ruedas. El estudio indicaba un espaciado entre ruedas gemelas de 0.51 m (20") para las aeronaves ligeras y un espacio entre las ruedas gemelas de 0.76 m (30"), y un espacio entre ruedas dobles gemelas de 12.4 m (55"), para las aeronaves más pesadas eran valores apropiados para el cálculo.

4) Aeronaves de fuselaje ancho. Las aeronaves de fuselaje ancho, por ejemplo, el B-747, el DC-10 y el L-1011, representan una diferencia radical con respecto a la geometría supuesta para las aeronaves de tren con ruedas dobles gemelas que se describe en (3). Debido a las grandes diferencias en peso bruto y en geometría de tren de aterrizaje, ya que se han preparado curvas de cálculo separadas para las aeronaves de fuselaje ancho.

2

b) La presión de los neumáticos varía entre 5 y 14 kg/cm², en función de la configuración del tren y del peso bruto, debería tomarse nota de que la presión de los neumáticos ejerce menos influencia sobre las tensiones de los pavimentos a medida que aumenta el peso bruto y que el máximo supuesto de 14 kg/cm²=1.39 MPa (200 lb/pulg²) puede excederse en condiciones de seguridad, siempre que no se excedan los demás parámetros.

III) Volumen de tránsito. Es necesario disponer de pronósticos de salidas por tipo de aeronave para el proyecto del pavimento. La información sobre las operaciones de aeronaves está disponible en:

a) En las formas DGAC-34 de la Dirección General de Aeronáutica Civil de la SCT. Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) la recibe y emite reportes mensuales, anuales y en ocasiones trimestrales.

- En las tiras de control de vuelos de BENEAM se registran en las torres de control de cada aeropuerto.

-En las compañías aéreas: Mexicana de Aviación y Aeroméxico

-En las hojas de Manifiestos, con el jefe de aeropuerto de cada compañía aérea que opera en las terminales.

b) De una manera incompleta, se obtiene información, en los cuadernos de itinerarios de cada compañía aérea (ahí no aparecen los vuelos rentados "Charters" realizados).

c) En la oficina de pronósticos del Departamento de Programación de la DGA. Para los aeropuertos en proyecto se hacen estudios de factibilidad, donde para obtener los pronósticos de la mezcla de aviones que operarán, se usan las estadísticas de las fuentes antes descritas.

3.5.4

DETERMINACION DE LA AERONAVE CRITICA

El pronóstico de salidas anuales por tipo de aeronave da por resultado una lista de varias aeronaves diferentes. La aeronave crítica deberá seleccionarse con base en la que requiera el mayor espesor de pavimento. Deberá verificarse cada tipo de aeronave del pronóstico para determinar el espesor de pavimento requerido, utilizando las gráficas de cálculo apropiadas, con el número de pronósticos de salidas anuales para cada aeronave. El tipo de aeronave que determine el espesor mayor de pavimento, es la aeronave crítica. La aeronave crítica no es necesariamente la aeronave más pesada de la mezcla o población de aviones.

3.5.5 DETERMINACION DE LAS OPERACIONES ANUALES EQUIVALENTES DE LA AERONAVE CRITICA

Como el pronóstico de tránsito es una mezcla de diferentes aeronaves que poseen diferentes tipos de tren de aterrizaje y diferentes pesos, hay que tener en cuenta los factores de todo el tránsito en lo referente al aeronave crítica. En primer lugar deben convertirse todas las aeronaves al mismo tipo de tren de aterrizaje que la aeronave crítica. Deberán utilizarse los factores de conversión para pasar de un tipo de tren a otro, mostrados en la tabla número 3.1 .

En segundo lugar, una vez que se han agrupado las aeronaves en la misma configuración de tren de aterrizaje, la conversión a salidas anuales equivalentes de la aeronave crítica, debería determinarse según la fórmula siguiente:

$$\log R_1 = \log R_2 \times (W_2 / W_1)^{1/2}$$

donde:

- R1 = Operaciones anuales equivalentes de la aeronave crítica.
- R2 = Operaciones anuales de la aeronave en cuestión expresadas en el tren de aterrizaje de la aeronave crítica.
- W1 = Carga sobre la rueda de la aeronave crítica.
- W2 = Carga sobre la rueda de la aeronave en cuestión.

Para este cálculo se supone que el 95% del peso bruto de la aeronave ha de ser soportado por el tren de aterrizaje principal ya que las aeronaves de fuselaje ancho requieren atención especial

El procedimiento tratado anteriormente representa una norma relativa que compara diferentes aeronaves con una aeronave común de cálculo. Como las aeronaves de fuselaje ancho poseen trenes de aterrizaje radicalmente diferentes de las otras aeronaves, es preciso considerarlas especialmente para mantener los efectos relativos, esto se lleva a cabo tratando cada fuselaje ancho como aeronave con pierna de cuatro ruedas, de 136,100 kg (300,000 lb), al calcular las salidas anuales equivalentes. Esto debería efectuarse en todos los casos, aun cuando la aeronave de cálculo sea de fuselaje ancho. Una vez determinadas las salidas anuales equivalentes, se debería proseguir utilizando la curva apropiada para la aeronave de estudio. Por ejemplo, si el fuselaje ancho corresponde a la aeronave de cálculo, todas las salidas equivalentes deberían obtenerse como se describe anteriormente; entonces, la curva de cálculo para el fuselaje ancho debería utilizarse con las salidas anuales equivalentes calculadas. A continuación se presenta un ejemplo que involucra varios tipos de aviones lo cual permitirá un mejor entendimiento del método antes descrito.

FACTORES DE CONVERSION ENTRE TRENES DE ATERRIZAJE

Para convertir de I a II multipliquense las operaciones por III				
Tipo de pierna de tap			Factor	
I ptap	II		III	
Rueda sencilla	0	Ruedas dobles	0 0	0.8
Rueda sencilla	0	Doble Tandem	0 0	0.5
Ruedas dobles	0 0	Doble Tandem	0 0	0.6
Dos dobles	00		0 0	
Tandem	00 00	Doble Tandem	0 0	1.0
Doble Tandem	0 0	Rueda sencilla	0	2.0
Doble Tandem	00 00			
Doble Tandem	00	Ruedas gemelas	0 0	1.7
Ruedas dobles	0 0	Rueda sencilla	0	1.3
Dos dobles	00			
Tandem	00 00	Ruedas gemelas	0 0	1.7

*ptap.- pierna de tren de aterrizaje principal

*rueda sencilla o simple

*ruedas gemelas o dobles

*dos dobles Tandem o dos dobles gemelas o bogie doble

*doble Tandem o dobles gemelas o bogie.

CALCULO PARA EL PROYECTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL AEROPUERTO DE PUEBLA, PUEBLA.
 VRScsr = 107

AERONAVE	TIPO DE TRAZO DE ATERRIZAJE	N°. DE SALIDAS ANUALES	PESO MAXIMO DE DESPEQUE		ESPESOR DE PAVIMENTO (INCH)	FACTOR DE RUEDAS	N°. DE SALIDAS (R _g)	CARGA POR RUEDA (lb.)		SALIDAS EQUIV. DE LA AERONAVE CRITICA (R ₁)
			Kg.	Lb.				Kg.	Lb.	
B-727-100	RUEDAS DOBLES	3760	72600	160000	23.0	1	3760	17300	38000	1885
B-727-200	RUEDAS DOBLES	9080	86500	190500	27.0	1	9080	20500	45250	9080
B-707-320 B	DOBLE TANDEM	1050	148500	327000	25.0	1.7	1785	17600	38800	633
DC-9-30	RUEDAS DOBLES	5800	49000	108000	18.0	1	5800	11600	25600	678
CV-880	DOBLE TANDEM	400	83968	184500	18.0	1.7	680	9970	21957	95
B-737-200	RUEDAS DOBLES	2630	52440	115500	18.0	1	2630	12500	27400	460
I. 1011-100	DOBLE TANDEM	1110	206120	450000	25.0	1.7	1887	16200	35600	805
B-747-100	DOS DOBLE TANDE	85	317800	700000	22.5	1.7	144.5	16200	35600	82

TOTALES: 13718

CONVERSION DE LA AERONAVE A SALIDAS ANUALES EQUIVALENTES DE LA AERONAVE CRITICA.

Log. R₁ - Log. R₂ = (W₁ / W₂)^{1/2}

R₂ - Salidas Anuales de la Aeronave en cuestión expresadas en el trazo de aterrizaje de la Aeronave crítica.
 W₁ - Carga por Rueda del avión crítico.
 W₂ - Carga por Rueda del avión en cuestión.
 R₁ - Salidas anuales equivalentes.

DATOS PARA ENTRAR A LA GRAFICA.

Aeronave crítica: B-727-200
 VRScsr: 107

N°. de salidas anuales totales: 13718

Peso bruto de la aeronave crítica: 190,500

w₁: 45,250

ESPESOR DE PAVIMENTO

en cm. 71.12
 en pulg. 27

CALCULO PARA EL PROYECTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL AEROPUERTO DE PUEBLA, PUEBLA.

VRS crf = 15%

AERONAVE	TIPO DE TRAM DE ATERRIZAJE	Nº. DE SALIDAS ANUALES	PESO MAXIMO DE DESPEQUE		ESPESOR DE PAVIMENTO EN PULG.	FACTOR DE RUEDAS	Nº. DE SALIDAS (R ₂)	CARGA POR RUEDA (W ₁)		SALIDAS EQUIV. DE LA AERONAVE CRITICA (R ₁)
			Kg.	Lb.				Kg.	Lb.	
B-727-200	RUEDAS DOBLES	3760	72600	160000	17.0	1	3760	17300	38000	1885
B-727-200	RUEDAS DOBLES	9080	86500	190500	21.5	1	9080	20500	45250	9080
B-707-320 B	DOBLE TANDEM	1050	148500	32700	18.0	1.7	1785	17600	38800	633
DC-9-30	RUEDAS DOBLES	5800	49000	108000	12.5	1	5800	11600	25600	678
CV-880	DOBLE TANDEM	400	83948	184580	12.5	1.7	680	9970	21957	95.
B-737-200	RUEDAS DOBLES		52440	115500	12.5	1	2630	12500	27400	460
L 1011-100	DOBLE TANDEM	1110	204120	450000	20.0	1.7	1887	16200	35600	805
B-747-100	DOS DOBLE TANDEM	85	317800	300000	18.0	1.7	144.5	16200	35600	82

TOTALES: 13718

CONVERSION DE LA AERONAVE A SALIDAS ANUALES EQUIVALENTES DE LA AERONAVE CRITICA.

Log. R₁ Log. R₂ = (R₁ / R₂)^{1/2}

W₂ - Balleas Anuales de la Aeronave en cuestion expresadas en el tram de aterrizaje de la Aeronave critica.
 W₁ - Carga por Rueda del avión critica.
 R₂ - Carga por Rueda del avión en cuestion.
 R₁ - Balleas anuales equivalentes.

DATOS PARA ENTRAR A LA GRAFICA.

Aeronave critica: B-727-200
 VRS crf: 15%
 Nº. de salidas anuales totales: 13718
 Peso Bruto de la aeronave critica: 190,500

ESPESOR DE PAVIMENTO

en cm. 54.6
 en pulg. 21.5

w₁: 45250

CALCULO PARA EL PROYECTO DE PAVIMENTO FLEXIBLE DEL AEROPUERTO DE PUEBLA, PUEBLA.

VRS CR = 207

AERONAVE	TIPO DE TRIN DE ATERRIZAJE	Nº. DE SALIDAS ANUALES	PESO MAXIMO DE PESQUE		ESPESOR DE PAVIMENTO (in.)	FACTOR DE RUEDAS	Nº. DE SALIDAS (W ₂)	CARGA POR RUEDA (W ₁)		SALIDAS EQUIV. DE LA AERONAVE CRITICA (N ₁)
			Kg.	Lb.				Kg.	Lb.	
R-727-100	RUEDAS DOBLES	3760	72600	160000	14.5	1	3760	17300	38000	1885
R-727-200	RUEDAS DOBLES	9080	86500	190500	17.5	1	9080	20500	45250	9080
R-707-320 B	DOBLE TANDEM	1050	148500	327000	15.0	1.7	1785	17600	38800	633
DC-9-30	RUEDAS DOBLES	5800	49000	108000	12.0	1	5800	11600	25600	678
CV-880	DOBLE TANDEM	600	83948	184500	10.5	1.7	680	9970	21957	95
R-737-200	RUEDAS DOBLES	2630	52440	115500	11.5	1	2630	12500	27400	660
L 1011-100	DOBLE TANDEM	1110	206120	450000	16.0	1.7	1887	16160	35625	805
R-747-100	DOS DOBLE TANDEM	85	317800	700000	14.0	1.7	144.5	16160	35625	83

TOTALES: 13718

CONVERSION DE LA AERONAVE A SALIDAS ANUALES EQUIVALENTES DE LA AERONAVE CRITICA.

Log. N₁ Log. N₂ = (1.17) / 2

- N₂ - Salidas Anuales de la Aeronave en Cuestión expresadas en el tren de aterrizaje de la Aeronave crítica.
- W₁ - Carga por Rueda del avión crítico.
- W₂ - Carga por Rueda del avión en Cuestión.
- N₁ - Salidas anuales equivalentes.

DATOS PARA ENTRAR A LA GRAFICA.

Aeronave crítica: B-727-200
 VRS crítico: 207
 N₂ de salidas anuales totales: 13,718
 Peso bruto de la aeronave crítica: 190,500

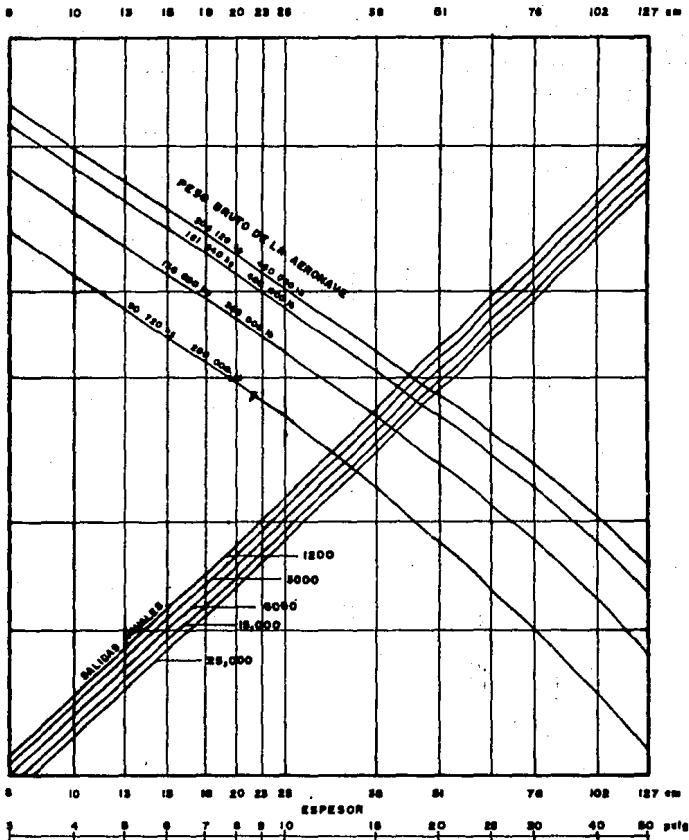
ESPESOR DE PAVIMENTO

en cm. 43
 en pulg. 1.7

W₁: 45250

**CURVAS DE CALCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
PARA AREAS CRITICAS, L-1011-1, 100.**

V.R.S



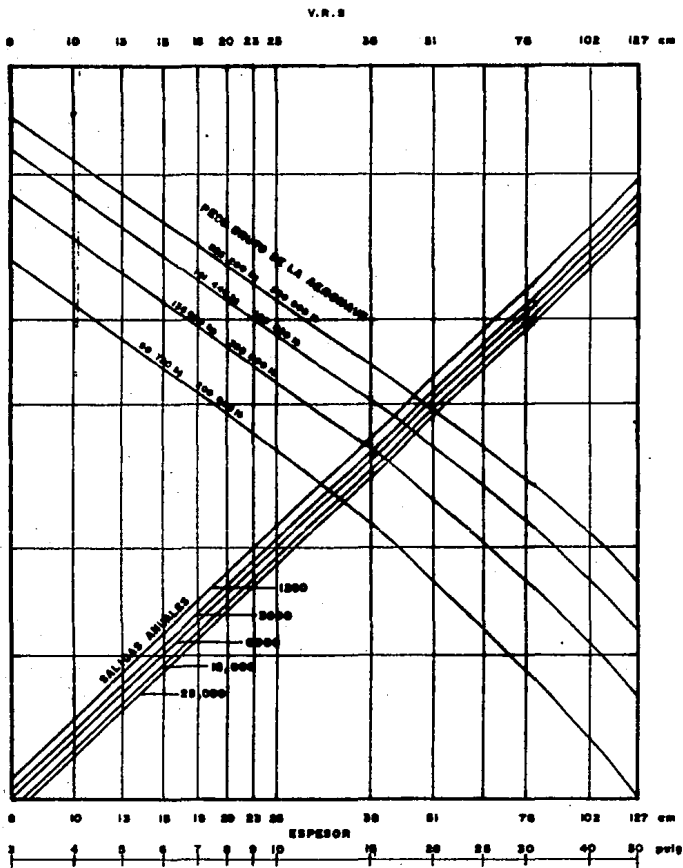
NOTA.-CURVAS A BASE DE UNA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO DE 20 AÑOS

AREA DE CONTACTO : 1,839.71 cm² (283 pulg²)
 ESPACIADO ENTRE RUEDAS DOBLES : 132.08 cm (52 pulg)
 ESPACIADO ENTRE RUEDAS EN TANDEM : 177.8 cm (70 pulg)
 NEUMATICOS 50 x 20

ESPESOR CARPETAS ASFALTICAS
 AREAS CRITICAS 13 cm (5 pulg)
 AREAS NOCRITICAS 10 cm (4 pulg)

FIG. 3-2

**CURVAS DE CALCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
PARA AREAS CRITICAS . L-1011-100,200.**



NOTA.- CURVAS A BASE DE UNA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO DE 20 AÑOS

AREA DE CONTACTO : 2,174,19 cm² (337 pulg²)
 ESPACIO ENTRE RUEDAS DOBLES : 132,08 cm (52 pulg)
 ESPACIADO ENTRE RUEDAS EN TANDEM : 177,8 cm (60 pulg)

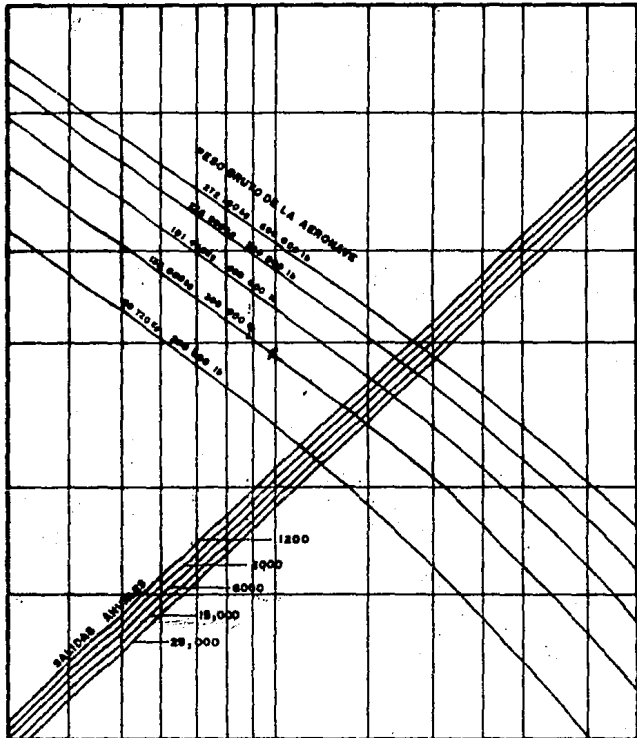
ESPESOR CARPETAS ASFALTICAS
 AREAS CRITICAS 13 cm (5 pulg)
 AREAS NO CRITICAS 10 cm (4 pulg)

FIG. 3.3

**CURVAS DE CALCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
PARA AREAS CRITICAS, DC 10-30, 30 CF, 40, 40 CF.**

V.R.S

6 10 15 18 18 20 23 25 30 31 76 102 127 cm



6 10 15 18 18 20 23 25 30 31 76 102 127 cm
ESPESOR

6 10 15 18 18 20 23 25 30 31 76 102 127 cm

NOTA.- CURVAS A BASE DE UNA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO DE 20 AÑOS

AREA DE CONTACTO : 2,135.40 cm² (331 pulg²)
 ESPACIADO ENTRE RUEDAS DOBLES : 137.16 cm (54 pulg)
 ESPACIADO ENTRE RUEDAS EN TANDEM : 102.56 cm (64 pulg)
 ESPACIADO DEL TREN CENTRAL : 95.25 cm (37.5 pulg)

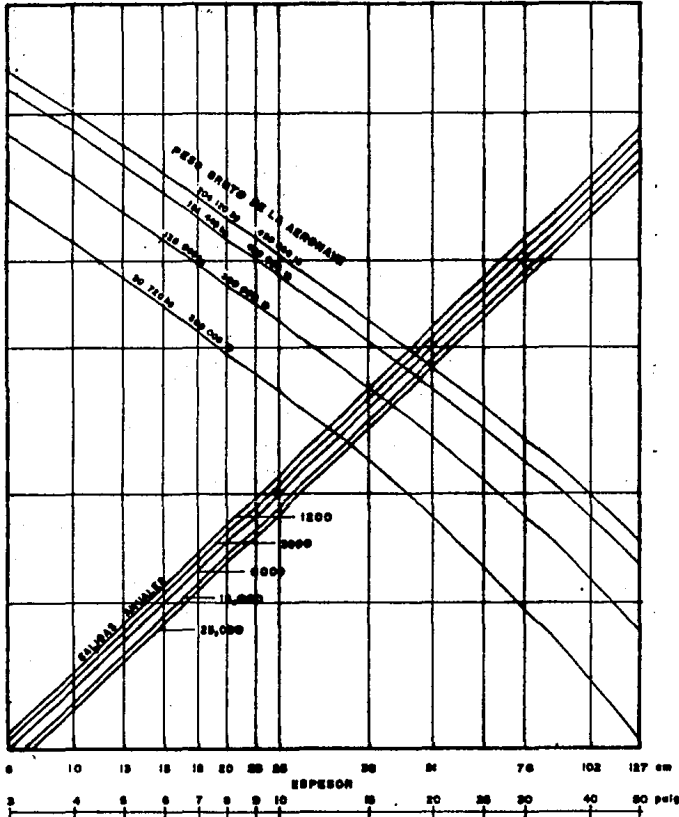
ESPESOR CARPETAS ASFALTICAS
 AREAS CRITICAS 13 cm (5 pulg)
 AREAS NO CRITICAS 10 cm (4 pulg)

FIG. 3.4

**CURVAS DE CALCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
PARA AREAS CRITICAS - DC 10-10, IOCF.**

V.R.3

0 10 15 18 20 23 25 36 41 76 102 127 cm



NOTA - CURVAS A BASE DE UNA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO DE 20 AÑOS

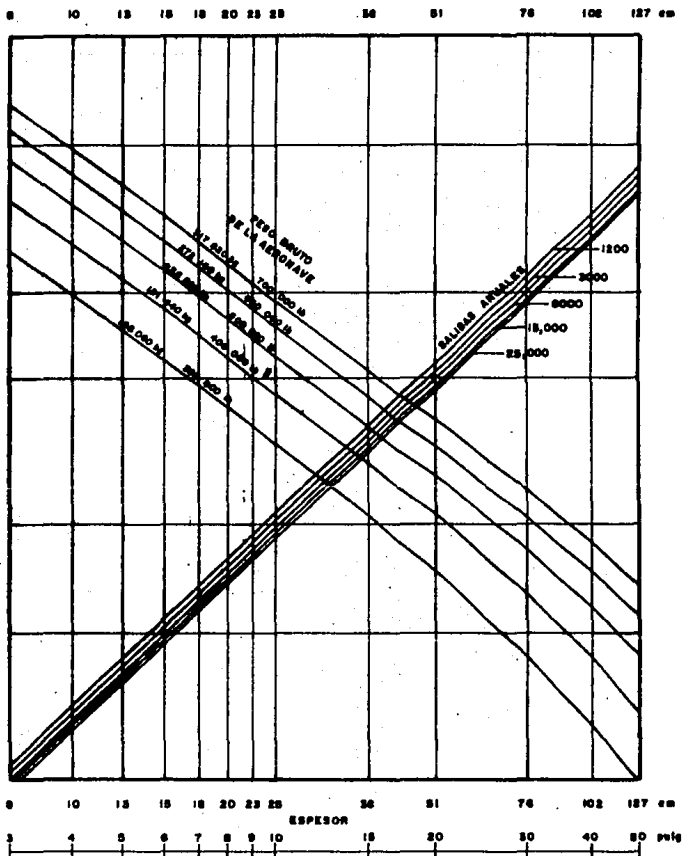
AREA DE CONTACTO : 1,898.77 cm² (294 pulg²)
 ESPACIADO ENTRE RUEDAS DOBLES : 137,16 cm (54 pulg)
 ESPACIADO ENTRE RUEDAS EN TANDEM : 162,36 cm (64 pulg)

ESPEZOR CARPETAS ASFALTICAS
 AREAS CRITICAS 15 cm (6 pulg)
 AREAS NO CRITICAS 10 cm (4 pulg)

FIG. 3.5

**CURVAS DE CALCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
PARA AREAS CRITICAS , B-747- SP .**

V. R. S



NOTA-CURVAS A BASE DE UNA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO DE 20 AÑOS

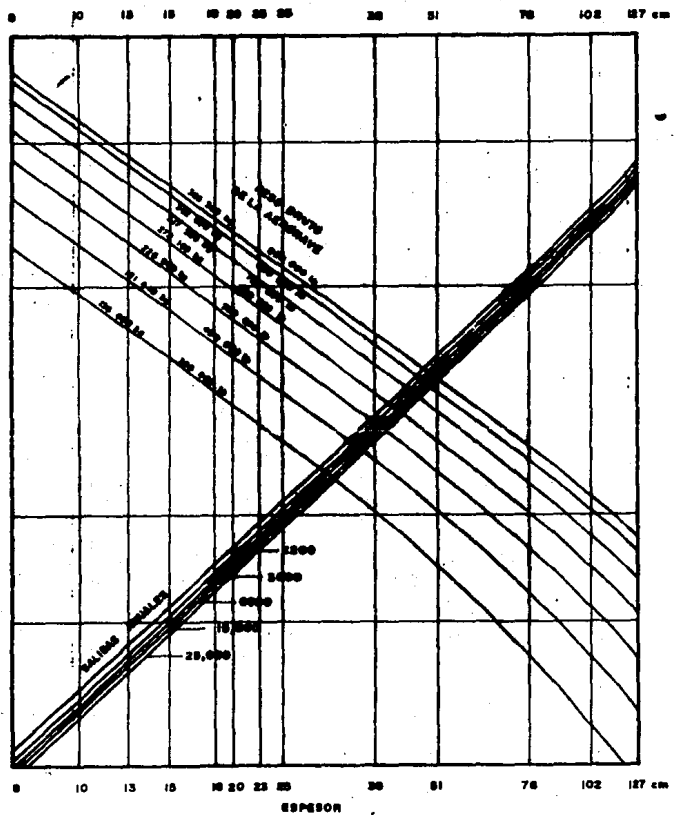
AREA DE CONTACTO : 1,354.84 cm² (210 pulg²)
 ESPACIADO ENTRE RUEDAS DOBLES : 109.86 cm (43.25 pulg.)
 ESPACIADO ENTRE RUEDAS EN TANDEM : 137.16 cm (54 pulg.)

ESPESOR CARPETAS ASFALTICAS
 AREAS CRITICAS 15 cm (6 pulg.)
 AREAS NO CRITICAS 10 cm (4 pulg.)

FIG . 3.6

**CURVAS DE CALCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
PARA AREAS CRITICAS , B-747-100 , SR , 200 B.C.F .**

V.R.3



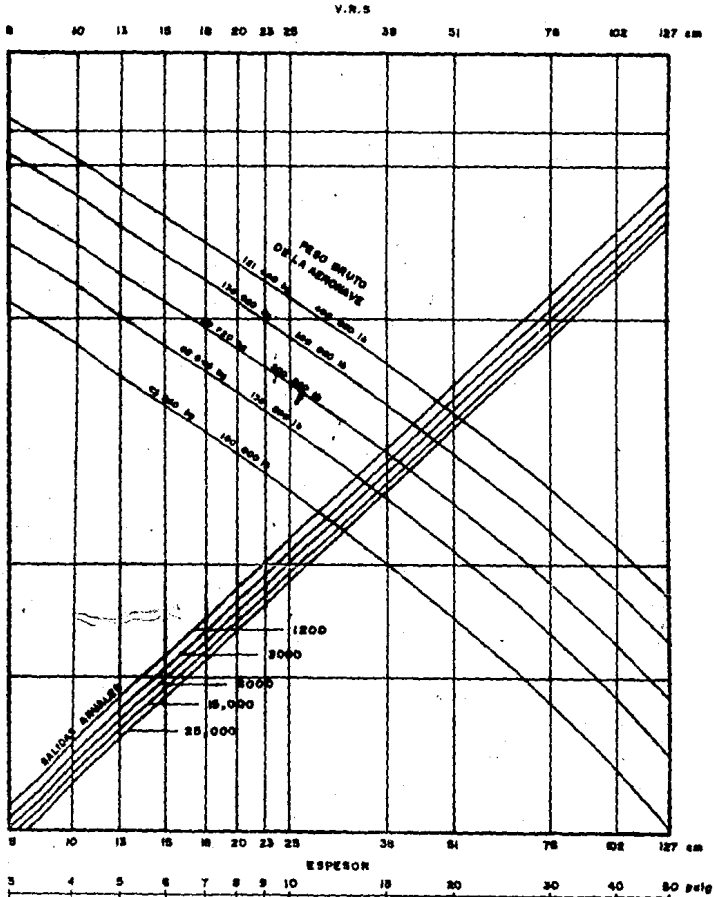
NOTA - CURVAS A BASE DE UNA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO DE 20 AÑOS

AREA DE CONTACTO : 1,880,64 cm² (245 pulg²)
 ESPACIADO ENTRE RUEDAS DOBLES : 11,76 cm (4 4 pulg)
 ESPACIADO ENTRE RUEDAS EN TANDEM : 147,32 cm (58 pulg)

ESPESOR CARPETAS ASPALTICAS .
 AREAS CRITICAS 15 cm (6 pulg)
 AREAS NO CRITICAS 10 cm (4 pulg)

FIG. 3.7

**CURVAS DE CALCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
PARA AREAS CRITICAS .TREN DE ATERRIZAJE DOBLE TANDEM**

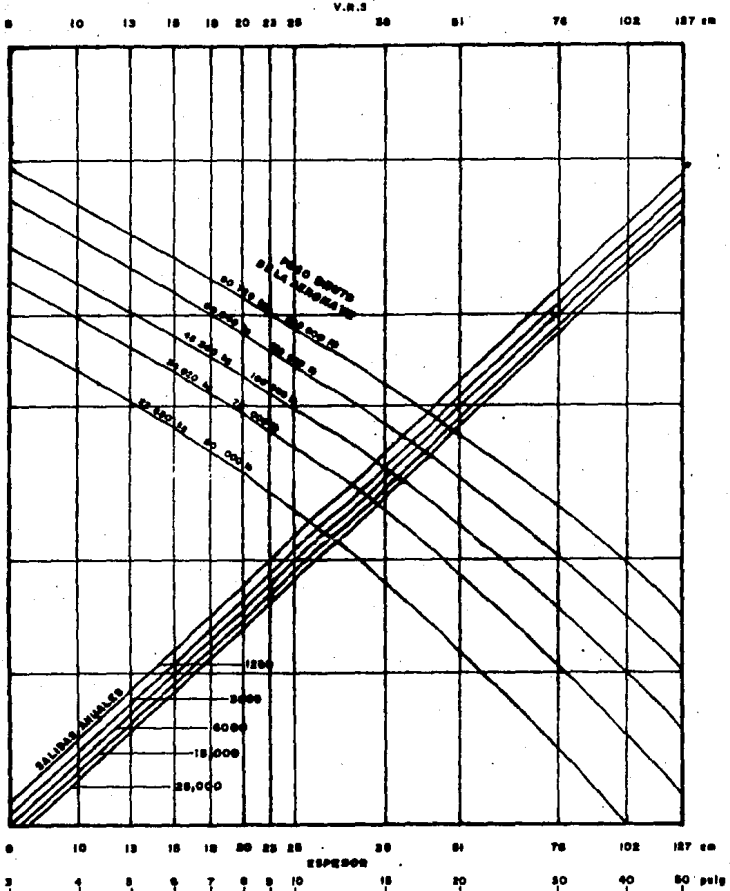


NOTA.- CURVAS A BASE DE UNA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO DE 20 AÑOS

ESPESOR CARPETAS ASFALTICAS
AREAS CRITICAS 10 cm (4 pulg)
AREAS NO CRITICAS 8 cm (3 pulg)

FIG. 3.8

**CURVAS DE CALCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
PARA AREAS CRITICAS . TREN DE RUEDAS DOBLES**



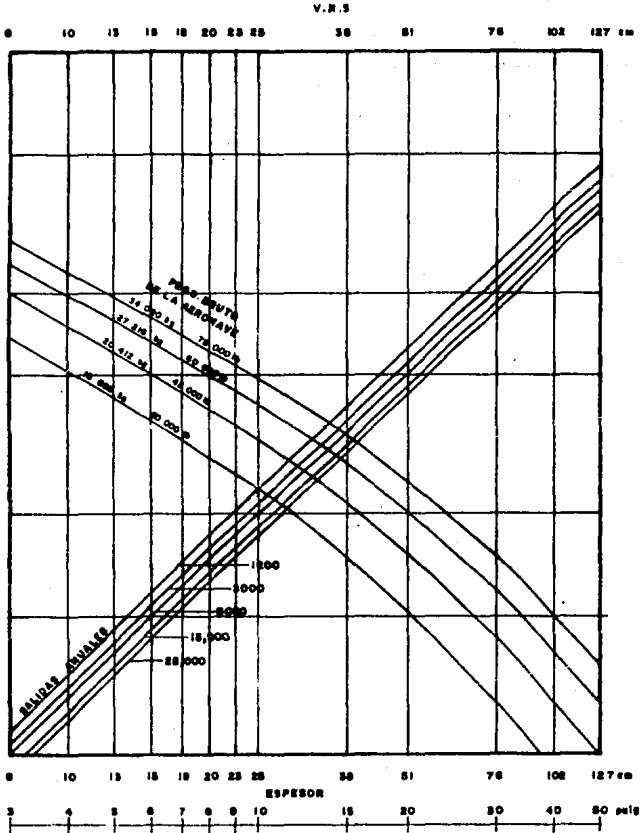
NOTA - CURVAS A BASE DE UNA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO DE 20 AÑOS

ESPESOR CARPETAS ASFALTICAS

AREAS CRITICAS 10 cm (4 pulg)
AREAS NO CRITICAS 8 cm (3 pulg)

FIG. 3.9

**CURVAS DE CALCULO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
PARA AREAS CRITICAS , TREN DE RUEDA SENCILLA**



NOTA . CURVAS A BASE DE UNA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO DE 20 AÑOS.

ESPESOR CARPETAS ASFALTICAS
 AREAS CRITICAS 10 cm (4 pulg)
 AREAS NO CRITICAS 8 cm (3 pulg)

FIG. 3.10

Solución:

a) Determinación de la aeronave crítica. Los datos representados en las columnas: 1, 2, 3 y 4 son conocidos y pueden obtenerse de las fuentes antes mencionadas.

En el pronóstico se determina el espesor del pavimento para cada aeronave (columna 5), utilizando las curvas de cálculo pertinentes. El dato de VRS de entrada del pavimento debería ser igual para todas las aeronaves. Los pesos de las aeronaves y los niveles de salida deben corresponder a la aeronave particular del pronóstico. En este caso el B 727-200 exige el espesor máximo de pavimento y por lo tanto es la aeronave crítica.

Para el cálculo de la columna 5 se utilizan las figuras 3.2 a 3.10 correspondiente para cada aeronave, con un VRS de 10%, 15%, y 20%, peso máximo de despegue de cada avión y el número de salidas anuales, encontrando así el espesor del pavimento.

b) El tráfico previsto por grupos en el tren de aterrizaje de la aeronave crítica. En este ejemplo, la aeronave crítica está equipada con un tren de aterrizaje de ruedas dobles de manera que todo el tránsito debe agruparse en la configuración de ruedas dobles.

Los factores de conversión para pasar de un tipo de tren de aterrizaje a otro aparecen en la tabla 3.1 y los correspondientes para este ejemplo son los de la columna No. 6.

En la columna 7, los números de operaciones ruedas dobles R2 se obtienen multiplicando el número de operaciones (de despegues) anuales columna 3 por el factor ruedas dobles columna 6.

Para la obtención de la carga por rueda columna 8, se divide el peso máximo columna 4 entre el número de ruedas multiplicado por el porcentaje de la carga o peso bruto soportado por los trenes de aterrizaje.

	0 0	5% peso bruto o carga
	0 0	0 0
	0 0	0 0 95 % peso bruto o carga

por lo tanto:

carga x 0.95/No. de ruedas = $190\ 500\ \text{lb}/4 \times 0.95 = 45250\ \text{lb}$.

-En aviones de cabina ancha o Jumbos: B 747, DC 10 y L1011, por tener 2 piernas dobles y dos secundarias se le considera critico solo a las piernas dobles con una carga máxima de 136 200 kg o 300 000lb.

$$\text{carga} \times 0.95 / \text{No. de ruedas} =$$

$$300\ 000 / 8 \text{ lb} \times 0.95 = 35\ 625 \text{ lb} = 16\ 170 \text{ kg.}$$

c) Conversión de la aeronave en cuestión a operaciones anuales equivalentes de la aeronave crítica. Una vez que la diversidad de aeronaves se ha agrupado en una configuración común del tren de aterrizaje, se calculan las operaciones anuales equivalentes de la aeronave crítica.

$$\log R1 = \log R2 \times (W2 / W1)^{1/2}$$

$$\log R1 = \log R2 \times (38\ 000 / 45\ 250)^{1/2}$$

$$\log R1 = \log R2 \times (3.575187) \times (0.91611).$$

$$R1 = \text{Antilog } 3.2753$$

$$R1 = 1885$$

donde:

R2 = 3760 operaciones anuales de la aeronave en cuestión representadas en el tren de aterrizaje de la aeronave crítica.

R1 = Operaciones anuales equivalentes de la aeronave crítica.

W1 = Carga por rueda del avión crítico.

W2 = Carga por rueda del avión en cuestión.

d) Para este ejemplo, el pavimento se calculará para 13718 operaciones anuales de una aeronave con ruedas dobles cuyo peso sea de 86 500 kg (190 500 lb). Sin embargo, el cálculo debería prever la aeronave más pesada con la mezcla de tránsito, al considerar la profundidad de compactación como el espesor de la carpeta asfáltica, las estructuras de subdrenaje, etc.

3.5.6

CRITERIO ADOPTADO

AEROPUERTO DE PUEBLA, PUE.

PRONOSTICO DE OPERACIONES ANUALES COMERCIALES

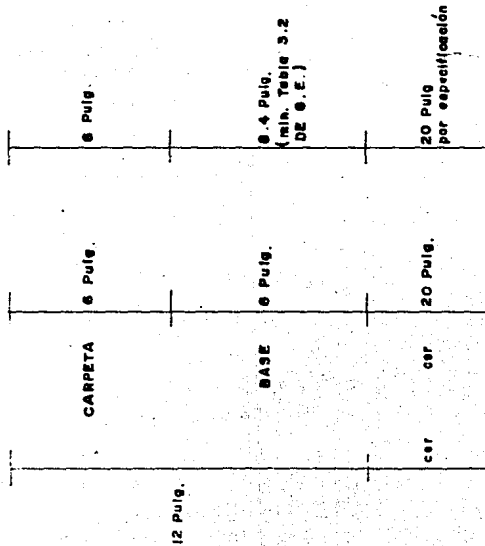
DATOS PARA PROYECTO DE PAVIMENTOS

ANO	DC-9-15	DC-9-30	TOTAL
1987	730	0	730
1988	730	0	730
1989	730	0	730
1990	730	0	730
1991	730	0	730
1992	730	0	730
1993	0	1460	1460
1994	0	1460	1460
1995	0	1460	1460
1996	0	2920	2920
1997	0	4380	4380
1998	0	4380	4380
1999	0	4380	4380
2000	0	4380	4380
2001	0	5100	5100
2002	0	5100	5100
2003	0	5100	5100
2004	0	5100	5100
2005	0	5100	5100
2006	0	5100	5100
Suma acumulada	4380	55420	59800

$$4380/20=219$$

$$55420/20=2771$$

GRAVA EQUIVALENTE



REAL

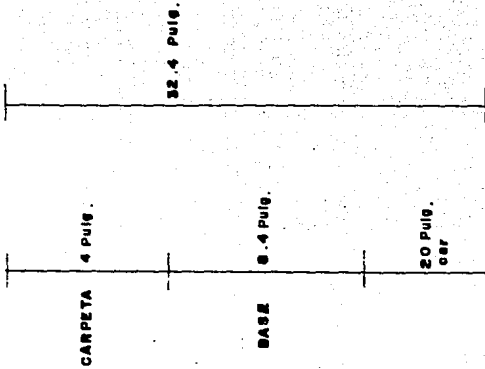


FIG. 3.11

Con los datos obtenidos del cálculo anterior podemos calcular el espesor total de pavimento requerido encima de la capa subrasante, así como de las capas que componen el pavimento. Los espesores obtenidos están representados primeramente en grava equivalente (figura 3.11) y, para convertir a espesores reales se multiplican por los factores mostrados en el cuadro no. 3.2.

Como se puede observar no se ha mencionado la existencia de capa de sub-base, la razón es que generalmente esta se proyecta cuando hay recursos económicos y disponibilidad de materiales con calidad de sub-base.

En el caso de considerar sub-base en el proyecto podrá sustituirse parte de la base pero no toda, la sub-base es más económica que la base debido a que esta última requiere de mayor tratamiento (trituración).

Es cierto que la base es más cara pero hay que recordar que es la capa más importante del pavimento ya que proporciona la resistencia estructural necesaria, soporta altos esfuerzos, provee subdrenaje etc. La base generalmente requiere un 100% de VRS y la sub-base un 80%.

FACTORES DE EQUIVALENCIA RECOMENDADOS PARA LA CAPA SUBRASANTE

ESPECIFICACION	TIPO DE BASE O CAPA DE PAVIMENTO	FACTORES DE EQUIVALENCIA
P-401	CARPETA ASFALTICA	1.7-2.3
P-201	BASE ASFALTICA	1.7-2.3
P-215	BASE ASFALTICA TRATADA EN FRIO	1.5-1.7
P-216	BASE HIDRAULICA MEZCLADA EN EL LUGAR	1.5-1.7
P-204	BASE HIDRAULICA TRADA CON CEMENTO	1.6-2.3
P-301	BASE HIDRAULICA DE SUELO CEMENTO	1.5-2.0
P-209	BASE HIDRAULICA DE MATERIAL PETREO TRITURADO	1.4-2.0
P-154	CAPA SUBRASANTE (csr) Se supone VRS csr=20%	1.0

CAPITULO IV
NORMAS GENERALES DE CONSTRUCCION

4.1

NORMAS DE MATERIALES

4.1.1 MATERIAL PARA TERRACERIAS

Son los materiales que se utilizan en la construcción de terracerías o rellenos, los cuales se pueden emplear solos, mezclados o estabilizados con otros materiales, para satisfacer las calidades necesarias de su uso.

Se recomienda que cualquier material utilizado en terracerías cumpla con lo indicado en el cuadro (1), del inciso 90-03.1 de la parte octava de las especificaciones generales de construcción de la SDP edición 1973, los materiales que se utilicen en la capa subrasante deberán cumplir también con las normas de calidad del cuadro (2) de la parte octava de las especificaciones generales de construcción de la SDP edición 1973.

4.1.2 MATERIALES PARA REVESTIMIENTOS, SUB-BASES Y BASE HIDRAULICA

De las especificaciones ya sea que se establezcan o no, con algún producto natural o elaborado.

Clasificación:

A) Materiales pétreos que no requieran ningún tratamiento de disgregado, cribado o trituración.

B) Materiales pétreos que para su utilización requieren tratamiento de disgregado, cribado o trituración.

C) Mezcla de dos o más materiales del grupo A,B o de materiales provenientes de ambos grupos.

D) Materiales de grupos A,B o C mezclados con un material asfáltico.

E) Materiales de los grupos A,B o C mezclados con cementos Portland y puzolana.

F) Materiales de los grupos A,B o C mezclados con cal hidratada y puzolana, o con cal hidratada y cemento Portland.

I.- Los materiales A, B y C descritos anteriormente para sub-bases en pavimentos flexibles de carreteras o aeropistas, deberán llevar los requisitos siguientes:

A.- La curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 3, de las zonas de especificación granulométrica de la figura 4.1 y deberán adoptar una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas sin presentar cambios bruscos de pendiente, la relación del porcentaje en peso que pasa por la malla No. 200 al que pasa la malla No. 40, no deberá ser mayor de 65%. El tamaño máximo de las partículas del material no deberá ser mayor de 51 mm (2").

B.- La contracción lineal (CL), valor cementante (VC), valor relativo de soporte (VRS) y equivalente de arena (EA), son valores fijados en el siguiente cuadro determinados con los métodos de prueba correspondientes.

Características	Zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría.		
	1	2	3
C L (%)	6.0 max.	4.5 max.	3.0 max
V C (para materiales angulosos Kg/cm ²)	3.5 min.	3.0 min.	2.5 min.
V C (para materiales redondeados y lisos Kg/cm ²)	5.5 min.	4.5 min.	3.5 min.
VRS estandar saturado (%)		50 min.	
E A (%)		20 min (tentativo)	

TABLA 4.1

... Cuando la curva granulométrica del material se aleje en dos zonas, en la parte correspondiente a la fracción comprendida entre las mallas No. 40 y 200 la contracción lineal deberá considerarse, para la zona en la cual se aloja la mayor longitud de dicha parte de la curva, excepto cuando la fracción que pasa la malla No. 200 sea menor del 15%, en tal caso la zona considerada será aquella en la que se aloje la mayor longitud de la totalidad de la curva.

C.- El grado de compactación en la carretera o aeropista deberá ser de 95% mínimo de su peso volúmetrico seco máximo, salvo que el proyecto marque un grado diferente de compactación.

II.- Los materiales clasificados en el grupo D que predominantemente contengan partículas que pasan la malla No. 4 (más del 70%) para formar sub-bases para pavimentos flexibles llevarán los siguientes requisitos:

A.- Los materiales que den valores, para contracción lineal y el equivalente de arena fuera de los límites señalados en el inciso I, pueden utilizarse como sub-base de pavimento, si una vez estabilizados con un material asfáltico satisfacen los siguientes requisitos:

Valor de estabilidad	130 kg mínimo (tentativo)
Expansión	2% máximo (tentativo)
Absorción	5% máximo (tentativo).

E.- Los materiales no plásticos, como las arenas pueden emplearse como sub-base si una vez estabilizadas con un material asfáltico satisfacen el valor soporte Florida modificado, para emplearse en obras de zonas de clima cálido. 65 kg mínimo (tentativo).

C.- De afinidad acorde con lo que fije cada proyecto.

D.- Los materiales asfálticos deberán cumplir con las normas fijadas en el capítulo XCIII de la parte VIII (SCT).

E.- El grado de compactación del 95% mínimo de su peso volúmetrico seco máximo obtenido de la curva granulométrica pasiva del material a compactar.

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS

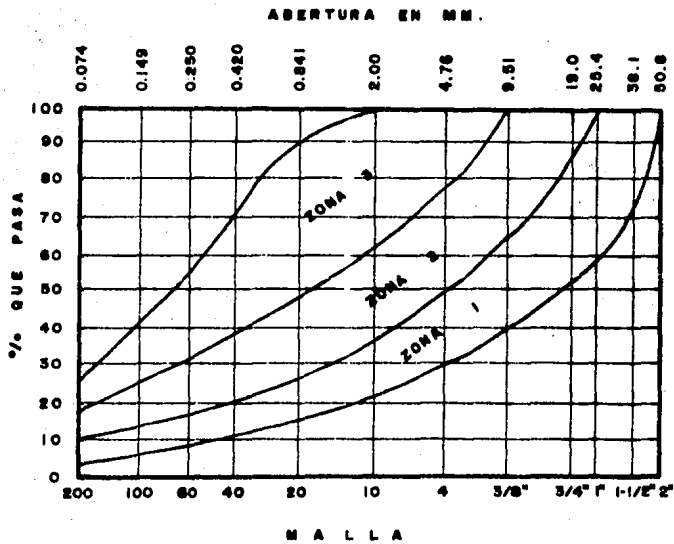


FIG. 4.1

4.1.3 MATERIALES PARA BASE HIDRAULICA

I.- Los materiales A, B y C cuando se emplean para base hidraulica en un pavimento flexible deberá llenar los requisitos siguientes:

A.- La granulometría del material deberá estar entre la línea inferior de la zona 1 y la superior de la zona 3 de la figura 4.1 preferentemente deberán emplearse materiales cuya curva granulométrica se localice en las zonas 1 o 2.

Las curvas granulométricas deberán afectar en forma semejante a las de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cambios bruscos.

El tamaño máximo de las partículas de material no deberá ser mayor de 50 mm (2") para el material del grupo A o de 38 mm (1 1/2") para el material del grupo B.

B.- El límite líquido (LL), contracción lineal (CL) y valor cementante (VC) según sus métodos de prueba son:

Características	Zonas en que se clasifica el material de acuerdo con su granulometría		
	1	2	3
L L (%)	30 max.	30 max.	30 max.
C L (%)	4.5 max.	3.5 max.	2.0 max.
VC (para materiales angulosos en kg/cm ²)	3.5 min.	3.0 min.	2.5 min.
VC (para materiales redondeados y lisos en kg/cm ²)	5.5 min.	4.5 min.	3.5 min.

TABLA 4.2.

C.- El VRS estándar, EA e Índice de durabilidad (ID) deberán ser los siguientes:

Peso total de aerchaves	WRS	EA (tentativo)	ID (tentativo)
Hasta 20 t	90 min.	35 min.	35 min.
Más de 20 t	100 min.	50 min.	40 min.

TABLA 4.3

D.- El grado de compactación en la carretera o aeropuerto. El material deberá compactarse al 75% mínimo de su peso volumétrico seco máximo.

II.- Los materiales clasificados en el grupo D empleados para base hidráulica en carreteras y aeropistas deberán llenar los requisitos siguientes:

A.- En los materiales empleados, para construir bases asfálticas y/o capas de nivelación (bases negras), empleadas también para bacheo la curva granulométrica del material deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 2 preferentemente dentro de la zona 1 de la figura 4.2.

La curva granulométrica del material deberá afectar una forma semejante a la de las curvas que limitan la zona, por lo menos 2/3 partes de su longitud, sin presentar cambios bruscos de pendiente.

El tamaño máximo de las partículas del material no deberá ser mayor de 38 mm (1 1/2"), ni de 2/3, el espesor compacto de la capa de base o de nivelación.

B.- La contracción lineal, de acuerdo con los métodos de prueba señalados deberá ser de 3% máximo.

C.- Desgaste de los Angeles, de acuerdo con los métodos de prueba señalados deberá ser de 45% máximo.

D.- La mezcla, cuando se elabore con cemento asfáltico deberá cumplir con las siguientes normas:

1. Diferencia de contenido de asfalto respecto al de proyecto en más o menos 5%.

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS

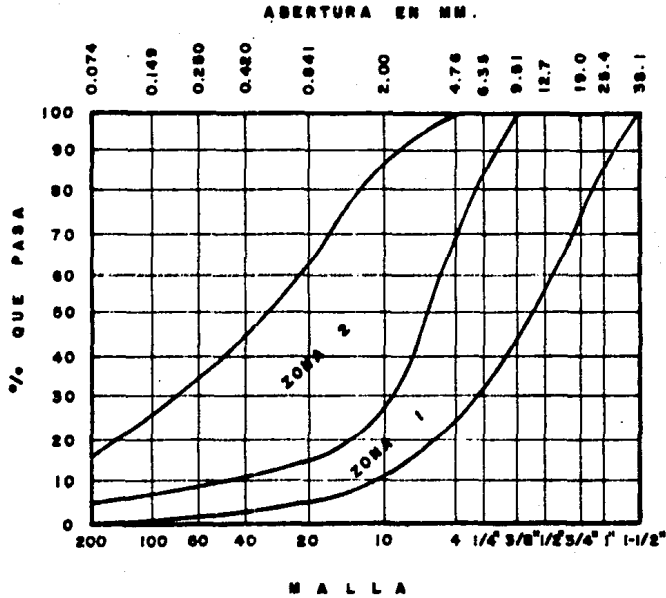


FIG. 4.2

2) Contenido de agua permitido con respecto al peso de mezcla máximo 1%.

3) Deberá compactarse al 95% de su peso volumétrico máximo salvo que se fije otra compactación.

E.- Cuando la mezcla se elabore de asfalto rebajado o emulsiones, deberá cumplir con las normas siguientes:

1) Tolerancia del contenido de cemento asfáltico con respecto al 1% del proyecto en peso \pm 10%.

2) Contenido de agua libre permitido con respecto al peso de la mezcla (sólo para el caso de asfaltos rebajados) 1%.

3) Relación de disolventes a cemento asfáltico en peso (valor K) para asfaltos rebajados y emulsiones asfálticas con disolventes, estará comprendida entre 5 y 8 centésimos.

4) Deberá compactarse el 95% de su peso volumétrico máximo salvo lo que marca el proyecto.

4.1.4 MATERIALES PÉTREOS PARA CARPETAS Y MEZCLAS ASFÁLTICAS

Clasificación:

A) Materiales naturales que requieren uno o varios de los tratamientos (disgregación, cribado, trituración y lavado).

B) Mezclas de dos o más materiales del grupo anterior.

Los materiales pétreos para carpetas asfálticas elaboradas por un sistema de mezcla en el lugar y en planta estacionaria, debe satisfacer las siguientes normas:

a) De granulometría, de acuerdo a los métodos de pruebas autorizados la curva granulométrica del material pétreo, para mezclas en el lugar, en términos generales deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el límite superior de la zona 2 de la figura 4.3. La zona 1 corresponde a materiales pétreos de granulometría gruesa y la zona 2 a los de granulometría fina afectando a la curva del material pétreo en forma semejante.

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN :

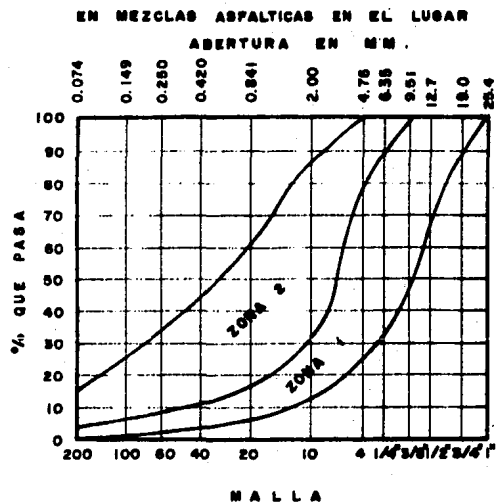


FIG. 4.3

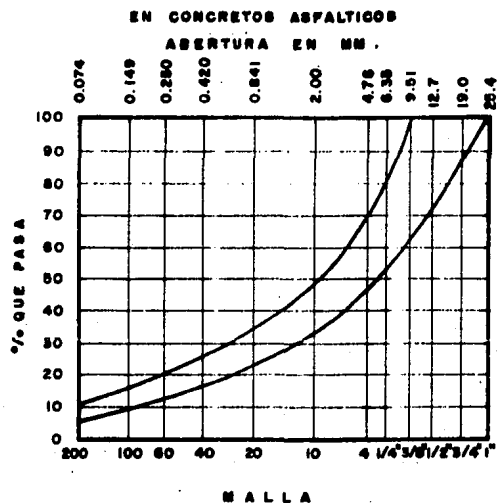


FIG. 4.4

La curva granulométrica del material pétreo para concretos asfálticos deberá quedar comprendida entre la zona limitada de las dos líneas de la figura 4.4 y en cada caso el proyecto señalará la granulometría correspondiente, de acuerdo a los requisitos fijados en el diseño de la mezcla. La granulometría del material cumple con los requisitos del proyecto, si está dentro de las siguientes tolerancias:

Tamaño del material pétreo Malla que pasa	Retenido en malla	Tolerancia, porciento en peso del material pétreo.
Correspondiente al tamaño máx.	No. 4	± 5
No. 4	No. 10	± 4
No. 10	No. 40	± 3
No. 40	No. 200	± 1
No. 200	-	± 1

TABLA 4.4

b) De contracción lineal, de acuerdo con los métodos de prueba establecidos:

1) Cuando la granulometría del material pétreo queda ubicada en la zona 1 de la figura 4.3 . 3% máximo.

2) Cuando la curva granulométrica del material pétreo queda ubicada en la zona 2 de la figura 4.3. 2% máximo.

3) Material pétreo para concretos asfálticos 2% máximo.

c) De desgaste de los Angeles, para cualquier tipo de material pétreo de acuerdo con los métodos de prueba autorizados por la SCT 40% máximo.

d) De la forma de las partículas alargadas y/o en forma de laja según prueba 35% máximo.

e) Equivalentes de arena de acuerdo con los métodos de prueba 55% mínimo.

4.1.5

MATERIALES ASFÁLTICOS

Son materiales bituminosos con propiedades aglutinantes sólidas, semisólidas o líquidas, que se utilizan en estabilizaciones en riegos de impregnación de liga y de sello, en construcción de carpetas y en elaboración de mezclas y morteros.

Los materiales asfálticos que pueden emplearse son los siguientes:

- A) Cementos asfálticos
- B) Asfaltos rebajados
- C) Emulsiones asfálticas

Los materiales asfálticos se transportarán utilizando:

Carros-tanque de ferrocarril
Autos-tanque
Barcos-tanque.

Los tanques de equipo de transporte contarán con instalación para calentar el producto cuando así se requiera; serán herméticos y tendrán tapas adecuadas para evitar fugas y contaminaciones, los depósitos que se utilizan para almacenar materiales asfálticos reunirán los requisitos necesarios para evitar la contaminación de los productos que se almacenan en ellos; estarán protegidos contra incendios, fugas y pérdidas excesivas de disolventes; contarán con las instalaciones adecuadas para calentar el producto, cuando así se requiera y tendrán elementos necesarios para su carga, descarga y limpieza. Los depósitos se limpiarán cada vez que sea necesario evitar una contaminación.

Los riegos de materiales asfálticos se darán de preferencia por medio de petrolizadoras aprobadas, dotadas del equipo de calentamiento que se requiera, bomba de presión, barra de riego con espreas regulables, tacómetro, aditamento de medición de volúmenes, termómetro y todo lo necesario para su correcta operación.

Quando se utilicen materiales asfálticos para elaborar mezclas en planta móvil, aquellos se aplicarán y dosificarán por medio de dichas plantas, incorporando el material patreo o suelo por estabilizar, la cantidad de material asfáltico fijado en el proyecto.

Quando se utiliza cemento asfáltico para la elaboración de concreto asfáltico en planta estacionaria, una vez calentado el cemento a la temperatura fijada, se añadirá al material pétreo en la propia planta, dosificándolo por peso, procediéndose a su mezclado hasta obtener un producto homogéneo y a la temperatura fijada. La cantidad de cemento asfáltico podrá variar en relación con la de proyecto en $\pm 5\%$, en peso.

Las temperaturas de los materiales asfálticos en el momento de su empleo deberán ser los que se indican a continuación:

A) Cementos asfálticos de 120 ° C a 160 ° C

B) Asfaltos rebajados de
 fraguado lento

FL-0	de 20 ° C	a	30 ° C
FL-1	de 30 ° C	a	45 ° C
FL-2	de 75 ° C	a	85 ° C
FL-3	de 85 ° C	a	95 ° C
FL-4	de 95 ° C	a	100 ° C

C) Asfaltos rebajados de
 fraguado medio

FM-0	de 20 ° C	a	40 ° C
FM-1	de 30 ° C	a	60 ° C
FM-2	de 70 ° C	a	85 ° C
FM-3	de 80 ° C	a	95 ° C
FM-4	de 90 ° C	a	100 ° C

D) Asfaltos rebajados de
 fraguado rápido

FR-0	de 20 ° C	a	40 ° C
FR-1	de 30 ° C	a	50 ° C
FR-2	de 40 ° C	a	60 ° C
FR-3	de 60 ° C	a	80 ° C
FR-4	de 80 ° C	a	100 ° C

E) Emulsiones asfálticas
por lo general no se les
deberá aplicar calenta-
miento

de 5 ° C a 40 ° C

Para mayor información acerca de las características que deberán satisfacer las pruebas para materiales asfálticos remitirse a las tablas de las páginas 41, 42, 43, 44, 45, 46 y 47 de la parte octava de las Especificaciones Generales de Construcción de la SOP edición 1973.

A.- TERRENO DE CIMENTACION

En las zonas de terraplén y previamente a su tendido, deberá efectuarse la limpieza y despalle del terreno natural en 20 cm como promedio, debiendo extenderse hasta 5 m fuera de las áreas por pavimentar, compactándose el terreno descubierto y previamente removido en sus 20 cm superiores, hasta alcanzar como mínimo el 90% de su peso volumétrico máximo (P.V.S.M.).

En la zona de corte, deberá de abrirse una caja con la profundidad requerida por el proyecto geométrico, para alojar la capa subrasante la estructura del pavimento, compactándose la superficie descubierta y previamente removida en sus 20 cm superiores, hasta alcanzar como mínimo el 95% de su P.V.S.M.

B.- TERRACERIAS

1) Cuerpo de terraplén.- En la formación de los terraplenes, se utilizará material procedente del Banco No. 1, denominado "Aeropuerto". Dicho material se le colocará en capas y se compactará hasta alcanzar el 95% de su P.V.S.M.

2) Capa subrasante.- Para la formación de la capa subrasante, se utilizará material procedente del Banco No. 1, denominado "Aeropuerto", colocándose en capas y compactándose hasta alcanzar el 100% de su P.V.S.M.

Los materiales empleados deberán cumplir con las normas de calidad especificadas en el inciso 90-03.5, de la parte octava correspondiente a las especificaciones generales de construcción de la SDP, edición 1973.

C.- BASE HIDRAULICA

Esta capa se construirá con el material resultante de las mezclas en peso, indicadas a continuación siguiendo un orden de preferencia en cuanto a su empleo.

"TECAJETE - AEROPUERTO"

85% del Banco No.2 "Tecajete". triturado parcialmente y cribado a tamaño máximo de 38.1 mm (1 1/2").

15% del Banco No. 1 "Aeropuerto", previo disgregado.

"SAN FRANCISCO TÉPEYECAC - AEROPUERTO"

85% del Banco No. 3 San Francisco Tepeyacac triturado totalmente y cribado a tamaño máximo de 38.1 mm (1 1/2").

15% del Banco No. 1 "Aeropuerto", previo disgregado.

D.- RIEGO

1) Riego de impregnación.- Terminada la construcción de la base hidráulica y previo barrido de su superficie, se procederá a aplicar un riego de impregnación, utilizando producto asfáltico FM-1 a razón de 1.5 litros/m², aproximadamente, debiendo cumplir con las normas de calidad especificadas en el inciso 93-02.4 cuadro "C", correspondiente a la parte octava de construcción de la SOP 1973.

2) Riego de liga.- Una vez impregnada la base hidráulica se dará un riego de liga, utilizando un producto asfáltico del tipo FF-3, a razón de 0.4 litros/m², aproximadamente, debiendo cumplir con las normas de calidad especificadas en el inciso 93-02.4 cuadro "B", correspondiente a la parte octava de las especificaciones generales de construcción de la SOP 1973.

E.- CARPETA ASFALTICA

Esta capa se construirá empleando concreto asfáltico elaborado mediante el sistema en planta, usando materiales petreos procedentes de los bancos San Bernabé o San Bernardino, triturados totalmente y cribados a tamaño máximo de 19 mm (3/4"), además deberá utilizarse cemento asfáltico No. 6, en una proporción aproximada de 100 kg/m³ de material pétreo seco y suelto.

Tanto los materiales petreos como el producto asfáltico, deberán cumplir con las normas de calidad especificadas en los incisos 92-03.1 y 93-02.4 cuadro "A", respectivamente, correspondiente a la parte octava de las especificaciones generales de construcción de la SOP edición 1973.

La mezcla asfáltica se compactará hasta alcanzar el 95% con respecto al peso volumetrico maximo, obtenido mediante la prueba Marshall de proyecto, elaborando especimenes compactados con 75 golpes por cara que cumplan con los siguientes requisitos:

Estabilidad	700kg (mínimo)
Flujo	2 a 4 mm
% de vacíos en la mezcla	3 a 8
% de huecos ocupados por asfalto	75 a 82

TABLA 4.5

F.- ACOTAMIENTOS

1) Base hidráulica.- Tendrá espesor indicado en la sección estructural correspondiente, y se construirá con los materiales que para tal fin se recomiendan en el inciso "C" de estas normas de construcción debiendo compactarse como mínimo a 95% de su P.V.S.M.

2) Riegos.- Para la aplicación de los riegos de impregnación y liga se deberá seguir lo señalado en el inciso "E" de estas normas de construcción.

3) Carpeta asfáltica; tendrá un espesor mínimo de 5 cm y se construirá de acuerdo a lo indicado en el inciso "F" de estas normas.

G.- FRANJAS DE SEGURIDAD.

Estas franjas colocadas sobre los taludes de los terrapienes, se protegerán en sus primeros 20 m adyacentes a los acotamientos, con una capa de 20 cm de espesor construida con materiales procedentes del banco No. 1 "Aeropuerto", y se compactará al 95% de su P.V.S.M., para finalmente cubrirlo mediante la aplicación de un riego de aplicación con producto asfáltico FM-1, en una proporción aproximada de 1.0 litros/m² a 1.2 litros/m².

Notas importantes:

1) Durante la construcción de los cortes necesarios para alojar la estructura del pavimento, la capa subrasante y los que requiera el proyecto geométrico, se deberá proveer el sistema de drenaje superficial, necesario para desalojar el agua producto de las lluvias, de tal manera que no se propicien acumulaciones de agua que produzcan cambios volumétricos en el material de las terracerías.

2) Los materiales pétreos procedentes de los bancos San Bernabe y San Bernardino, presentan una adherencia buena para su empleo en concretos asfálticos, sin embargo, deberá checarsé por el laboratorio encargado del control de la obra esta propiedad, toda vez que se haya producido en campo el material por emplear en los concretos asfálticos.

CAPITULO V
ANTEPRESUPUESTO

5.1

TRABAJOS POR EJECUTAR

Las obras necesarias para la construcción del nuevo Aeropuerto de Puebla, son los que se mencionan enseguida:

a) Construcción de una pista designada 17-35 de 3600 x 45 m, con pavimento flexible.

b) Construcción de dos calles de rodaje de 487 x 23 m cada una, con pavimento flexible.

c) Construcción de una plataforma de operaciones de 180 x 90 m con pavimento flexible.

d) Construcción de una plataforma para avionetas de 180 x 90 m con pavimento flexible.

e) Construcción de un patio de 90 x 90 m para estacionamiento de automóviles de pavimento flexible.

f) Construcción de un camino de acceso al aeropuerto con 3 km de longitud y 7.30 m de calzada, con pavimento flexible.

g) Construcción de un camino perimetral de vigilancia de 14 km de largo y 3 m de ancho, con pavimento flexible.

h) Construcción de las alcantarillas y canales para drenaje del Aeropuerto.

TERRACERIAS

Desmonte. La vegetación que se señale dentro de los límites del Aeropuerto, deberá ser despejada mediante la remoción o tala de los árboles y su desenraice, así como de los residuos de siembras, separando y estibando el producto aprovechable, y quemando el material no utilizable, cuidando de no causar daños en montes o sembradíos aledaños.

Cortes. - a) En las áreas de pista, calles de rodaje, plataformas, edificios, estacionamiento de automóviles y camino de acceso, comprendidos en los cortes o de los terraplenes en las partes donde llevan pavimento, se removerá la capa superficial de 0.15 m de espesor del terreno natural. El material extraído en esta maniobra se usará únicamente en la construcción de las franjas de seguridad.

b) El material de los cortes, que se produzca después de la extracción de la capa superficial de 0.15 m, se usará en la construcción de los cuerpos de terraplén, ya sea en las zonas pavimentadas o en las franjas de seguridad.

Compactación del terreno natural. - El material de la capa superior de 0.15 m del terreno natural, expuesto por el corte, en las áreas que vayan a cubrirse con pavimento, deberá ser compactado según se indica enseguida.

a) En las zonas de corte que vayan a llevar cuerpo de terraplén, se compactará a 90% de su P.V.S.M.

b) Cuando la superficie expuesta por el corte vaya a estar en contacto con la capa subrasante, la compactación se llevará hasta alcanzar el 95% del P.V.S.M.

TERRAPLENES

a) Los cuerpos de terraplén en las zonas de pavimento sujetas a tránsito de aviones y en los acotamientos, que se formarán con el producto de los cortes, deberán compactarse al 95% del P.V.S.M. que lo constituye.

b) La capa subrasante, con espesor homogéneo de 0.5 m en los elementos para la operación terrestre de los aviones, se formará con material del banco "Aeropuerto", compactado a 100% de su P.V.S.M.

c) Los terraplenes en las franjas de seguridad se harán con el producto de los cortes, conformándolo a las secciones proyecto, sin compactar.

PAVIMENTO

La estructura de los pavimentos varía según los elementos sujetos al tránsito terrestre de los aviones y tiene la siguiente distribución.

a.- Cabecera y tercios central e interno de la pista 17-35, calles de rodaje y plataforma de operaciones:

Base hidráulica de 0.25 m de espesor, hecha con roca totalmente triturada a 38 mm de tamaño máximo obtenida del banco "San Francisco Tepeyecac", mejorado en su composición granulométrica produciendo una mezcla en proporción aproximada de 85% de roca triturada y 15% de arena arcillosa del banco "Aeropuerto". La compactación deberá alcanzar el 100% del P.V.S.M. obtenido en la mezcla.

Carpeta asfáltica de 0.10 m de espesor hecha de concreto asfáltico elaborado con agregado pétreo obtenido por trituración a 19 mm de tamaño máximo de la roca en mantos del banco "San Francisco Tepeyecac" y usando como agregado bituminoso cemento asfáltico No. 6. La compactación se llevará hasta alcanzar el 95% del P.V.M. obtenido mediante la prueba Marshall.

b.- Tercio externo a lo ancho de la pista y plataforma de avionetas.

Base hidráulica de 0.20 m de espesor hecha en dos capas con los mismos materiales y los mismos procedimientos de construcción que para el resto de la pista.

Carpeta asfáltica de 0.08 m de espesor hecho con los mismos materiales e iguales procedimientos de construcción que para el resto de la pista.

c.- Acotamientos de 7.5 m de ancho en la pista y de 8 m de ancho en las calles de rodaje y plataforma, así como en las zonas de parada de 60 m en los extremos de la pista y en todo el ancho.

Sub-base hidráulica de 0.20 m de espesor hecha en tres capas con los mismos materiales de sub-base e iguales procedimientos de construcción que para el pavimento sujeto al tránsito de aviones.

Carpeta asfáltica de 0.08 m de espesor, hecha con los mismos materiales e iguales procedimientos de construcción que para el resto de la pista.

d.- Riegos asfálticos. Sobre la base hidráulica terminada, o la sub-base en el caso de los acotamientos, se aplicará un riego de impregnación con producto asfáltico FM-1 a razón aproximada de 1.2 litros/m².

Es recomendable, sobre el riego de impregnación y sobre la base asfáltica, en su caso, se aplique un riego de liga con producto asfáltico FR-3 a razón aproximada de 0.6 litros/m². Este riego tendrá lugar de 24 a 48 horas antes de la construcción de la base asfáltica o de la carpeta, según sea la etapa constructiva.

CANALES

a.- Canales laterales.- Los canales laterales 1, 2, 3 y 4 en sus partes circundantes a la plataforma, calles de rodaje y pista 17-35, se producirán en las maniobras de corte en la construcción de las terracerías de los propios elementos por lo que los volúmenes resultantes están incluidos en los conceptos 2 y 3 relativos a cortes. La afinación de plantillas están también involucradas en la formación de cortes.

b.- Canales lejanos.- Las partes de los canales 1 y 2 que se prolongan alejándose de las cabezeras en los extremos de la pista 17-35 y los canales 5 y 6, que salen de las zonas de estacionamiento y edificios, se construirán separadamente y los volúmenes correspondientes se expresan en el concepto 10 de cantidades de obra.

OBRAS DE DRENAJE Y TRABAJOS DIVERSOS

a.- Alcantarillas tubulares.- En la calle de rodaje que el proyecto señala se construirá una alcantarilla de tubo de 1.05 m de diámetro, hecho con concreto hidráulico doblemente reforzado.

b.- Subdrenaje.- El clima y magnitud de las obras obligan a proteger el pavimento contra las aguas atrapadas durante la construcción, por lo que debe producirse un sistema de subdrenaje paralelo a la pista, calles de rodaje y plataforma, que permita la salida de las aguas mencionadas.

Este subdrenaje consiste en una excavación entre el acotamiento y la franja de seguridad, rellena con material filtrante y un tubo de concreto de 0.15 m de diámetro con la mitad de la pared perforada para desalojar el agua acumulada.

5.3 PRECIOS UNITARIOS

PAVIMENTACION

SUBBASES O BASES POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA

B) 2) BASE HIDRAULICA COMPACTADA AL CIENTO POR CIENTO

a) CON MATERIAL PETREO DEL BANCO TEPEYECAC (85%) MEZCLADO

CON MATERIAL AEROPUERTO (15%) 18.950 m³

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
1.- BANCO TEPEYECAC				
1.1 DESMONTE Y DESPALME.				
TRACTOR KOMATSU D-155-A				
REND=350 m ³ /Hr				
COSTO HORARIO= 18,519.73				
18519.73/350 =52.91/m ³				
SE NECESITAN DESMONTAR Y DESPAL-				
MAR 0.30 m ³ PARA OBTENER 1 m ³ DE				
MATERIAL.				
CARGO POR DESMONTE Y DESPALME	0.30	m ³	52.91	15.87
1.2 EXTRACCION DEL MATERIAL				
1.2 a MATERIALES				
DINAMITA	0.150	kg	346.00	51.90
SUPERMEXAMON	0.350	kg	74.00	25.90
ALAMBRE NO. 20	0.120	m	12.00	1.44
ESTOPINES DE 5 m	0.011	pza.	270.00	2.97
				82.21
1.2 b MANO DE OBRA				
1 POBLADOR	1/400	T	2896.52	7.24
2 AYUDANTE	2/400	T	1078.49	5.39
				12.63
1.2 c EQUIPO Y HERRAMIENTA				
COMPRESOR 600 pcm	1/50	Hr.	4528.3	90.57
TRACK DRILL LM-100	1/50	Hr.	2830.96	56.62

PAYMENTACION

MATERIALES ASFALTICOS

ACARREO DE MATERIALES PETREOS UTILIZADOS EN MEZCLAS

ASFALTICAS ELABORADAS EN PLANTA Y EN CALIENTE POR UNIDAD DE

OBRA TERMINADA 582.000 m²-km

C O N C E P T O	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
1.0 TARIFA DE ACARREOS VIGENTE DEL SINDICATO DE FLETEROS DE LA ZONA PARA KILOMETROS SUBSECUENTES.	1.10	m ² -km	20.00	22.00
			C. DIRECTO	22.0
			IND. Y UTZ	7.26
			P. UNITARIO	29.26

PAVIMENTACION

SUBBASES O BASES

A) 2) SUBBASE HIDRAULICA COMPACTADA AL 100%

a) CON MATERIAL PETREO CON TAMAÑO MAXIMO DE 38 mm RETENIDO

POR TRITURACION PARCIAL DE LA GRAVA BASALTICA 85% TECAJETE
15% AEROPUERTO 79,500 m³

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
1.-DESMONTE Y DESPALME TRACTOR KOMATSU D155-A VOLUMEN POR DESPALMAR 4000 m ³ RENDIMIENTO 350 m ³ /Hr COSTO HORARIO \$18519.73 COSTO POR m ³ = 18519.73/350 = 52.9	4000/79500	m ³	52.91	2.66
EXTRACCION Y CARGA BANCO 2 TRACTOR KOMATSU D155-A	1/300	Hr.	18519.73	61.73
TRAXCAVO CAT. 9771	1/290	Hr.	14149.0	48.79
PEON	1/70	T	873.56	12.48
				123.00
CARGO BANCO 2.	0.85	m ³	123.0	104.55
CARGA Y EXTRACCION BANCO 1 TRAXCAVO CAT 977 L	1/290	Hr.	14149.0	48.79
CARGO BANCO 1	0.15	m ³	48.49	7.32
TIEMPO DE VEHICULOS EN LA CARGA Y DESCARGA	1.10	m ³	20.0	22.00
INCORPORACION DE AGUA	0.150	m ³	90.0	13.5
COMPACTACION C.A-25	1/185	Hr.	5000.5	27.03
MEZCLADO TENDIDO Y AFINAMIENTO MOTOCONFORMADORA CM-14	1/140	Hr.	7118.8	50.85
			C.DIRECTO	227.91
			IND.Y UTZ	86.61

P. UNITARIO

314.52

PRESTAMOS

EXCAVACIONES DE PRESTAMO

DEL BANCO 1 AEROPUERTO UBICADO A 450 m AL ORIENTE

DEL EJE DE LA PISTA ENTRE LAS ESTACIONES 2+000 AL

4+000

UNIDAD m³

C O N C E P T O	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
1.-EXCAVACION MOTOESCREPA CAT 627 B	1/325	Hr	19539.39	60.1
			C.DIRECTO	60.13
			IND.Y UTZ	22.85
			P.UNITARIO	82.98

ACARREOS PARATERRACERIAS

SOBREACARREO DE MATERIALES PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES

DE CORTES, ADICIONALES ABAJO DE LA SUBRASANTE AMPLIACION Y/O

ABATIMIENTO DE TALUDES.

A) EN DISTANCIAS HASTA DE 5 ESTACIONES

UNIDAD m³-EST.

C O N C E P T O	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
<p>1.-EQUIPO . . MOTOESCREPA CAT 627-B PUSH-PULL COSTO HORARIO \$ 19,539.39 CAPACIDAD 12.5 m³ TIEMPO EMPLEADO EN RECORRER - IDA Y VUELTA: 20 min. VELOCIDAD PROMEDIO 5.0 km/h</p> <p style="text-align: center;">T=40x60/5000=0.48 min</p>				
<p>COSTO m³-ESTACION: 19,539x0.48'/60x12.5=12.51</p>	1.00	m ³ -EST	12.51	12.51
			<p>C.DIRECTO 12.51 IND.Y UTZ 4.76 P.UNITARIO 17.27</p>	

5.4 CANTIDADES DE OBRA

PISTA 17-35 CALLES DE RODAJE 1 Y 2; PLATAFORMA DE
OPERACIONES, PLATAFORMA DE AVIONETAS Y OBRAS COMPLEMENTARIAS

C O N C E P T O	CANTIDAD	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
TERRACERIAS				
1 DESMONTE POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	310	ha	13144.75	4074872.5
<u>CORTES</u>				
EXCAVACION POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA EN CORTES Y ADICIONALES ABAJO DE LA SUBRASANTE.				
2 CUANDO EL MATERIAL SE UTILICE PARA LA FORMACION DE TERRAPLENES.	1300000	m ³	86.16	11208000.00
3 CUANDO EL MATERIAL SE DESPERDICIE.	20000	m ³	86.16	1723200.0
<u>PRESTAMOS</u>				
EXCAVACIONES DE PRESTAMO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA				
4 DEL BANCO 1 AEROPUERTO	191000	m ³	82.98	15849180.00
<u>TERRAPLENES</u>				
COMPACTACION POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA. DEL TERRENO NATURAL EN EL AREA DE DESPLANTE.				
5 PARA 90%	17000	m ³	76.37	1298290.0
DE LA CAMA DE LOS CORTES DONDE NO SE HAYA ORDENADO EXCAVACION ADICIONAL.				
6 PARA 95%	29000	m ³	87.95	2550550.0

No.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	IMPORTE
	FORMACION Y COMPACTACION POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA. DE TERRAPLENES ADICIONADOS. CON SUS CUJAS DE SOBRE ANCHO				
7	PARA 95%	305000	m ²	87.95	26824750.0
8	PARA 100%	152500	m ²	95.24	14524100.0
9	FORMACION DE TERRAPLENES CON MATERIAL ACOMODADO SIN COMPACTAR EN FRANJAS DE SEGURIDAD.	1026000	m ²	36.39	37336140.0
	<u>CANALES</u>				
10	EXCAVACION PARA CANALES POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.	55700	m ²	101.74	5666918.0
	<u>ACARREO PARA TERRACERIAS</u>				
	SOBREACARREO DE MATERIALES PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES DE CORTES ADICIONALES ABAJO DE LA SUBRASANTE, AMPLIACION Y/O ABATIMIENTO DE TALUDES. REBAJES EN LA CORONA DE CORTES Y/O TERRAPLENES, PRESTANCO DE BANCO ETC. QUE SE PAGUEN POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA				
11	EN DISTANCIAS HASTA DE 5 EST	20000	m ³ -EST	17.27	345600.0
12	EN DISTANCIAS HASTA DE 5 Hm	50000	m ³ -Hm	24.1	1205000.0
13	EN DISTANCIAS DE MAS DE 5 Hm	2213000	m ³ -km	29.26	64752380.0
	<u>OBRAS DE DRENAJE Y TRABAJOS DIVERSOS.</u>				
	EXCAVACIONES PARA ESTRUCTURA DE ACUERDO A SU CLASIFICACION A CUALQUIER PROFUNDIDAD.				

Nº.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	IMPORTE
14	EXCAVACION POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA CUALQUIERA QUE SEA SU CLASIFICACION Y PROFUNDIDAD.	5300	m ²	354.4	1878532.0
15	RELLENOS DE EXCAVACIONES PARA ESTRUCTURAS MATERIAL "A", COMPACTADO A 95% MAMPOSTERIA DE TERCERA CLASE A CUALQUIER ALTURA, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.	5000	m ³	490.55	2452750.0
16	CON MORTERO DE CEMENTO ZANPEADO A CUALQUIER ALTURA POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.	17	m ³	5310.8	90284.7
17	DE MAMPOSTERIA DE TERCERA CLASE JUNTEADA CON MORTERO CEMENTO. ESTRUCTURA DE CONCRETO REFORZADO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA POR VOLUMEN DE CONCRETO REFORZADO COLADO EN EL LUGAR.	334	m ³	5632.2	1881171.5
18	DE f'c=250 kg/cm ² EN POZOS DE VISITA. TUBERIA DE CONCRETO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.	24	m ³	10271.1	246507.6
19	DOBLEMENTE REFORZADO SEGUN PROYECTO CONCRETO DE f'c=300 kg/cm ² DE 105 cm DE DIAM. <u>SUBDRENES</u>	200	m ¹	26394.9	5278992.0
20	PLANTILLA POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA DE 10 cm DE ESPESOR DE ARENA.	6000	m ²	193.9	1163790.0
21	MATERIAL DE FILTRO DE ESPESOR VARIABLE POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA	4000	m ³	1600.8	6403480.0

No.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	IMPORTE
22	TUBO PERFORADO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA. DE CONCRETO HIDRAULICO Y DE 15 cm DE DIAMETRO.	10500	m	355.35	3731175.0
23	TUBO SIN PERFORACIONES POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA. DE CONCRETO HIDRAULICO Y DE 15 cm DE DIAMETRO.	1000	m	335.79	335790
24	TEES DE CONCRETO HIDRAULICO DE 15 cm DE DIAMETRO.	60	pza	820.2	49213.8
25	CODOS DE CONCRETO HIDRAULICO DE 15 cm DE DIAMETRO	30	pza	708.12	21243.6
26	ESTRUCTURA DE ACERO FABRICADA Y MONTADA, POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA. EN REJILLAS PARA TAPAS DE REGISTROS Y SU CONTRA MARCO SEGUN PROYECTO.	600	kg	296.07	177642.0
P A V I M E N T A C I O N					
27	SUBBASES O BASES POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA. SUBBASE HIDRAULICA COMPACTADA AL CIENTO POR CIENTO. CON MATERIAL PETREO CON TAMAÑO MAXIMO DE 38 mm OBTENIDO POR TRITURACION PARCIAL DE LA GRAVA BASALTICA CAVERNOSA DEL BANCO "TECAJETE", MEZCLADO CON EL BANCO 1 "AEROPUERTO" 85%-15%. BASE HIDRAULICA COMPACTADA AL CIENTO POR CIENTO.	79500	m ³	314.52	25004340.

Nº.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	IMPORTE
28	CON MATERIAL PETREO DEL BANCO TEPEYECAC (85%) MEZCLADO CON EL BANCO AEROPUERTO (15%)	18950	m³	1235.9	23421821.0
29	CON MATERIAL PETREO DEL BANCO SAN BERNABE(85%) MEZCLADO CON EL BANCO AEROPUERTO (15%) BASE DE CONCRETO ASFALTICO COMPACTADA AL 95% POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.	18950	m³	1221.1	23151404
30	CON AGREGADO PETREO DE TAMAÑO MAXIMO DE 25 mm OBTENIDO POR TRITURACION TOTAL DEL BANCO TEPEYECAC.	650	m³	2683.5	17040542.5
31	CON AGREGADO PETREO DE TAMAÑO MAXIMO DE 25 mm OBTENIDO POR TRITURACION TOTAL DE LA ROCA DEL BANCO SAN BERNABE.	6350	m³	2666.7	16933862.5
<u>MATERIALES ASFALTICOS</u>					
32	ADITIVOS PARA MEJORAR ADHERENCIA. MATERIALES ASFALTICOS POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA.	42000	l	273.5	11488680.0
33	CEMENTO ASFALTICO NO. 6 USADO EN CARPETA. ASFALTOS REBAJADOS USADOS EN RIEGO.	4300000	kg	11.1	47750000.0
34	PRODUCTOS ASFALTICOS FM-1 USADO EN IMPREGNACION.	380000	l	19.0	7242800.0
35	PRODUCTOS ASFALTICOS FR-3 USADO EN LIGA.	190000	l	18.9	3598600.0
36	RIEGO DE IMPREGNACION, BARRIDO DE LA SUPERFICIE POR TRATAR.	31	ha	16654.3	516284.2

N°.	CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	P.U.	IMPORTE
37	CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA, COMPACTADA AL 95% CON AGREGADO PETREO DE TAMAÑO MAXIMO DE 19 mm OBTENIDO POR TRITURACION TOTAL DE LA ROCA DEL BANCO SAN BERNABE	9600	m ³	3045.1	29233152
38	CON AGREGADO PETREO DE TAMAÑO MAXIMO DE 19 mm OBTENIDO POR TRITURACION TOTAL DE LA ROCA DEL BANCO TEPEYECAC.	9600	m ³	3028.3	29071968
39	ACARREO DE MATERIAL PETREO - UTILIZADO EN MEZCLAS ASFALTI- CAS ELABORADAS EN PLANTA Y EN CALIENTE POR UNIDAD DE - OBRA TERMINADA. CUANDO EL VOLUMEN SE DETERMI- NA CONFORME A LO SEÑALADO EN EL SUBPARRAFO D, INCISO 61-05	582000	m ³ -km	29.26	17029320
40	.3 ACARREO DE MATERIALES PE- TREOS PARA PAVIMENTACION POR UNIDAD DE OBRA TERMINADA. CUANDO EL VOLUMEN ACARREADO SE DETERMINA CONFORME A LO SEÑALADO EN EL SUBPARRAFO D INCISO 61-05.3	1740000	m ³ -km	29.26	50912400
TOTAL					61426527.50

5.5 ANTEPRESUPUESTO

RESUMEN DE PARTIDAS

No.	Descripción	Importe
I	Pista 17-35 Calles de rodaje 1 y 2, plataforma de avionetas y obras complementarias.	
	a) Terracerías.....	288'158,780.5
	b) Obras de drenaje y trabajos diversos.....	23'710,572.29
	c) Pavimentación.....	302'399,174.73
	Sub-Total I.....	614'268,527.52
II	Camino de acceso estacionamiento y obras complementarias.	
	a) Terracerías.....	61'745,632.00
	b) Obras de drenaje y trabajos diversos.....	5'232,852.6
	c) Pavimentación.....	22'559,945.49
	Sub-Total II.....	89'538,430.09
III	Camino perimetral y zona de combustibles	
	a) Terracerías.....	7'062,101.5
	b) Trabajos diversos.....	634,321.75
	c) Pavimentación.....	4'870,284.08
	Sub-Total III.....	12'566,717.50

IV	Cercas.....	9'768,649.88
	Sub-Total IV.....	9'768,649.88
V	Instalaciones eléctricas.....	2'491,857.16
	Sub-Total V.....	2'491,857.16
Gran Total (sub-totales I+II+III+IV+V):		728'634,182.15

CONCLUSIONES

El proyecto y construcción de un aeropuerto es una tarea muy compleja que requiere de conocimientos tan diversos como: Ingeniería aeronáutica, Ingeniería civil (en sus diferentes campos), Ingeniería en computación, Ingeniería electrónica, Ingeniería mecánica y eléctrica etc.

En este trabajo se ha logrado explicar a grandes rasgos las bases para el proyecto de pavimentos del Aeropuerto de Puebla, Pue., empezando con estudios de demanda, factibilidad económica, análisis financiero etc., en el segundo capítulo se explica el estudio geotécnico en sus tres partes: oficina, campo y laboratorio, con esto se tienen los datos para entrar al cálculo del pavimento.

En realidad lo importante es conocer todo el estudio que viene detrás, que es el estudio geotécnico, el conocimiento de los materiales requeridos y las funciones de cada uno de ellos.

Por último se hace una breve exposición de las normas generales de construcción que deben ser seguidas tanto en proyecto como en construcción de pavimentos y se ejemplifican precios unitarios y cantidades de obra para dar una idea más clara de lo que es la construcción de un aeropuerto.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Rico Rodríguez, Alfonso
Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres
Vol. I, 4a. impresión.
México, Ed. Limusa
1982, 643 pp.

- 2.- Rico Rodríguez, Alfonso
Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres
Vol. II, 3a. impresión.
México, Ed. Limusa

- 3.- Nichols, Herbert. Traducción Lape, José L.
Movimiento de Tierras
5a. impresión
México, Ed. CECOSA
1976, 1111 pp.

- 4.- Proyecto y Evaluación de Pavimentos en
Aeropuertos.
M. en I. Francisco Rodarte Lazo.
Septiembre 1980, México.
Apuntes.

- 5.- William, Hay.
Ingeniería de Transporte.
México, Ed. Limusa.
1983, 739 pp.

- 6.- Juárez Badillo, Eulalio
Mecánica de Suelos.
Vol. I, 8a. impresión
México, Ed. Limusa.
1982. 642 pp.

- 7.- Yoder, E.
Principles of Pavements Design.
New York, Ed. John Wiley and Sons.
1967, 760 pp.
- 8.- Arquí, George.
Compactación en Carreteras y Aeropuertos.
Barcelona, Editores Técnicos Asociados
1978, 329 pp.
- 9.- Manual de Proyecto de Aeródromos
Parte 2. Calles de Rodaje, Plataformas y
Apartaderos de Espera, 2a. edición.
Organización de Aviación Civil Internacional
OACI. Montreal, Quebec, Canadá.
1983, 135 pp.
- 10.- Manual de Proyecto de Aeródromos
Anexo 14, 8a. edición.
Organización de Aviación Civil Internacional
OACI. Montreal, Quebec, Canadá
1983, 329 pp.
- 11.- Merrit, Frederick
Manual del Ingeniero Civil
Vol. III, 2a. edición, Traducción Felipe
Castro.
México, Ed. Mc Graw Hill.
1984, 460 pp.
- 12.- Rogers, Martin
Pavimentos Asfálticos
2a. edición
Madrid, Ed. Aguilar
1963, 352 pp.

13.- Especificaciones Generales de Construcción.
Parte Octava, Libro Primero, 3a. edición
Secretaría de Obras Públicas SOP
México
1973, 132 pp.

14.- Especificaciones Generales de Construcción
Parte Cuarta, 4a. edición
Secretaría de Obras Públicas SOP
México
1971, 238 pp.

15.- Horonjeff, Robert
Planning and Design of Airports
2a. edición
New York, Ed. Mc. Graw Hill.
1975, 443 pp.