

27 2ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## CONSTRUCCION DE LA AEROPISTA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE BAHIAS DE HUATULCO. OAX.

**FALLA DE ORIGEN**

T E S I S  
 QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
 INGENIERO CIVIL  
 P R E S E N T A N :  
 LUIS RICARDO CARRASCO RIOS  
 BENJAMIN GONZALEZ ZARAGOZA  
 ALBERTO ORTEGA MARCIAL  
 JORGE SALDAÑA REYES  
 EFRAIN ZAPATA RUIZ





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## I N D I C E

I.	INTRODUCCION	1
I.1.	Forma y Planificación del Aeropuerto	2
I.2.	Localización del terreno apropiado	2
I.3.	Tamaño del Aeropuerto	3
I.4.	Uso del suelo	4
I.5.	Area terminal	5
II.	PRESENTACION DEL PROYECTO	7
II.1.	Selección del sitio para el Aeropuerto	7
II.2.	Etapa operativa	8
II.3.	Primera etapa fase B	9
II.4.	Segunda etapa	10
II.5.	Tercera etapa	12
II.6.	Máximo desarrollo del Aeropuerto	12
III.	TERRACERIAS	12
III.1.	Desmonte	13
III.2.	Cortes	13
III.3.	Prestamos	15
III.4.	Acarreos	16
III.5.	Terraplenes	17
III.6.	Conformación	18
III.7.	Reafinamiento	19
IV.	OBRAS DE DRENAJE	19
IV.1.	Superficiales	19

IV.2. Subterranas	20
V. PAVIMENTO	20
V.1. Pavimentos flexibles	21
V.2. Pavimentos rígidos	21
V.3. Proceso constructivo	22
V.4. Base	22
V.5. Carpeta Asfáltica	25
VI. CONCLUSIONES	29
VII. DIBUJOS Y CUADROS	31
VIII. BIBLIOGRAFIA	39

PLAN GENERAL PARA CONSTRUIR UN  
AEROPUERTO INTERNACIONAL

CONSIDERACIONES GENERALES

1.- Forma y planificación del aeropuerto.

2.- Localización del terreno apropiado.

- Visibilidad vertical y horizontal
- Obstáculos naturales y artificiales
- Vientos dominantes (para orientar las pistas)
- Crecimiento de la población cercana al aeropuerto

3.- Tamaño del aeropuerto

Linderos del terreno: (dimensiones mínimas)

- 300 m. del eje de la pista al lindero opuesto al acceso del edificio terminal.
- 700 m. del eje de la pista al lindero de acceso de edificio -- terminal.
- 1000 m. de la cabecera de la pista (del lado donde generalmente se realizará el aterrizaje, al lindero).
- 1,500 m. de la cabecera contraria al lindero (Esta distancia es en consideración a una posible ampliación de la pista).
- El largo de la(s) pista(s) será de acuerdo con el tipo de avión que generalmente opere en la terminal del aeropuerto.
- El área requerida del aeropuerto, será de unos 500 Has. más o menos.

4.- Uso del suelo dentro del área del aeropuerto y áreas adyacentes.

5.- Área terminal edificio(s) necesario(s).

- Actividades del área general
- Plan de acceso al aeropuerto
- Dimensiones de la(s) pista(s)

## I. INTRODUCCION

Dadas las necesidades actuales de promover y acelerar el desarrollo en México, que cuenta con casi todos los climas del mundo y una extensión territorial de casi 2 millones de kilómetros cuadrados, con innumerables accidentes geológicos y un prolongado litoral al este el Golfo de México y al oeste el Océano Pacífico, es menester contar con un buen sistema de vías de comunicación.

Los litorales representa un gran potencial económico aprovechando los recursos marinos como la pesca, o bien creando centros turísticos (polos de desarrollo) como el de Bahías de Huatulco.

Para llegar a estos centros turísticos (básicos para el desarrollo del país) hay que cubrir grandes distancias entre éstos y -- las grandes ciudades, hace necesario la construcción de nuevos aeropuertos, que no solo reciban vuelos nacionales sino también internacionales y que además tengan un crecimiento futuro acorde a las necesidades del país.

Actualmente México cuenta con los siguientes aeropuertos en -- ciudades turísticas:

- |               |                       |
|---------------|-----------------------|
| 1) Acapulco   | 8) Mazatlán           |
| 2) Cancún     | 9) Mérida             |
| 3) Cozumel    | 10) Puerto Escondido  |
| 4) Guaymas    | 11) Puerto Vallarta   |
| 5) La Paz     | 12) San José del Cabo |
| 6) Loreto     | 13) Veracruz          |
| 7) Manzanillo | 14) Zihuatanejo       |

El siguiente trabajo describe de manera simple y breve, el -- proceso para la construcción de la pista del AEROPUERTO DE BAHIAS-DE HUATULCO, (centro turístico en desarrollo), sin desligarla de -- las demás estructuras (edificio terminal, hangares, etc.) que componen el aeropuerto, describiendo antes los aspectos que se deben tener en cuenta al proyectar un aeropuerto.

## DESCRIPCION INTEGRADA

## 1. FORMA Y PLANIFICACION DEL AEROPUERTO

Se debe buscar que haya una compatibilidad entre el aeropuerto y sus proximidades, lo cual sólo se logrará planificando correctamente al mismo, controlando las causas de contaminación y la utilización de los terrenos circundantes al aeropuerto.

La planificación abarcará toda la zona tomando en cuenta las actividades que tendrá el aeropuerto, y sus efectos sociales, económicos y ambientales en la zona de operación.

Las primeras consideraciones al respecto son:

- Control de la utilización de los terrenos adyacentes al aeropuerto para evitar interferencias eléctricas con las radio-comunicaciones y las ayudas de navegación.
- Luces que podrían confundir a los pilotos y dificultarles la interpretación de las luces aeronáuticas.
- Humos que reducirán la visibilidad
- Control de la altura de los posibles obstáculos o sitios peligrosos para el vuelo, tanto en el aterrizaje como en el despegue de las aeronaves.
- Vientos dominantes en el área de vuelo.

## 2.- LOCALIZACION DEL TERRENO APROPIADO

Para la operación eficiente del aeropuerto se contemplará no solamente la etapa inicial del proyecto, sino que también todas aquellas ampliaciones futuras por realizar que pudieran afectar a algún sector de la población. Los factores que deberán tomarse en cuenta para determinar el terreno necesario son principalmente:

- Localización
- Económicos
- Seguridad operacional

## LOCALIZACION

La localización observa los siguientes requisitos: visibilidad favorable tanto vertical como horizontal, detectando los obstáculos naturales (cerros, ríos, cañones, etc.) y artificiales (edificios, torres, postes, carreteras, etc.) y todo aquello que pudiera convertirse en problema para la navegación aérea.

Los vientos dominantes en el área de navegación son un factor primordial de estudio, ya que su fuerza y turbulencia son básicos -- para orientar las pistas de aterrizaje y ascenso.

Igualmente es básico el estudio del clima de la región, posición geográfica del aeropuerto y las condiciones topográficas del terreno.

Como factor adicional, se tomará en cuenta el crecimiento demográfico de la(s) población(es) adyacentes al aeropuerto que podría(n) afectar y limitar el uso del terreno seleccionado.

## FACTOR ECONOMICO

El terreno seleccionado para el aeropuerto será en un área que no ocasione problemática social, que su costo no sea excesivo pero cuidando que haya un funcionamiento eficaz del aeropuerto y que su costo sea amortizable por medio de los ingresos al mismo.

## FACTOR OPERACIONAL

Esto se refiere a las recomendaciones que hace la OACI con relación a las características del aeropuerto, a la categoría del mismo y a las separaciones mínimas que deberán existir entre sus principales elementos, tales como: pistas, calles de rodaje, plataformas y edificio terminal.

## 3. TAMAÑO DEL AEROPUERTO

Dentro de las recomendaciones que hace la OACI, el área que es requerida para un aeropuerto internacional que opere con una sola pista, debe tener las siguientes dimensiones mínimas:

Superficie del terreno----500 Ha

Linderos verticales-----1000 m c/L, éstos corresponden a 700 m desde el lindero de acceso de la terminal aérea, hasta el eje horizontal de la pista, más 300 m a partir de este eje, hasta el lindero superior, cierre del terreno.

Línderos horizontales.- 1000 m. desde el lindero vertical lateral hasta la cabecera de la pista. Del lado donde regularmente sea el ascenso, más la longitud de la pista calculada para el tipo de avión operable, más 1,500 m. del cd. lindero lateral vertical, a la cabecera (de aterrizaje).

La longitud total es aproximadamente de 1,500 m. (3,000 m. menos de pista para un DC-8-15).

En caso de que haya una pista paralela a la anterior, debe considerarse una distancia de 1,500 m. entre ejes de pistas, como margen de seguridad, por lo que lógicamente, las demás dimensiones aumentan.

#### 4. USO DEL SUELO

El uso del suelo tanto del área del aeropuerto como en el área adyacente lleva al estudio del medio ambiente flora, fauna, consideraciones ecológicas, costumbres, servicios públicos, espacio aéreo y otras variantes.

Lo anterior, con el fin de prevenir conflictos en los efectos sociales, económicos y ambientales que produciría el funcionamiento del aeropuerto, en la zona de operación.

Todo aeropuerto crea problemas de contaminación siendo esta peligrosa para la salud de la población y peligrosa para la ecología, por lo que la prevención a esta problemática hace establecer controles tanto para eliminar las fuentes de contaminación, como para reducir sus efectos.

Los controles de referencia se aplican a limitar el ruido de las aeronaves, normas sobre emisiones de gases de escape de los motores de aviones como de vehículos terrestres, limitar procedimientos operacionales en tierra y en vuelo, normas para preservar los recursos hidráulicos de la zona, etc.

Exteriormente al funcionamiento del aeropuerto, se deben preservar los terrenos destinados a parques, y controlar las áreas residenciales a fin de que éstas queden lo más lejos posible de la zona de operación del aeropuerto o tiendan a crecer hacia esta zona.

La construcción del aeropuerto lleva consigo los siguientes efectos adicionales en su área:

- Perturbación de la flora y fauna debido al despeje y tala de árboles y vegetación.
- Cambios en la topografía del terreno y en algunos casos del régimen hidráulico.

- Perturbación en el hábitat natural de las aves que dependen de que estas se combinen sus hábitos en sus corrientes tradicionales de agua y sus actividades, especialmente pelaje de aislamiento con las aeronaves.
- Errores del suelo al ser este rodeado la vegetación y vertederos de agua tanto en el área del aeropuerto como en zonas adyacentes. Los aperturas atmosféricas también pueden ser perturbados en el régimen debido al efecto de acción de las torres de agua.
- Contaminación de cuerpos receptores de contaminación de aguas de aguas pluviales provenientes del lavado de vehículos terrestres y de las aeronaves, de las actividades realizadas en las instalaciones a tierra durante la construcción del aeropuerto. Los contaminantes químicos pueden ser los productos derivados del petróleo, fragmentos de caucho y metal, componentes de limpieza, detergentes y desinfectantes, tanto de uso, puede deberse a cañales de drenaje y que se dirige a otras corrientes o a las torres de agua que van hacia el mar.

#### 5. AREA TERMINAL

La construcción del aeropuerto lleva a tener en cuenta los siguientes planes relacionados con el área terminal:

- Ubicación de la terminal y diseño de todas las edificaciones relacionadas, así como sus actividades en esa área.
- Plan de acceso al aeropuerto y su relación e integración con la infraestructura local e regional. Sin relación al ferrocarril haya la necesidad de analizar la ubicación de varios elementos del aeropuerto en sus diferentes etapas, tales como:

- a) Capacidad del espacio aéreo.
- b) Capacidad del área de operación (pistas) y calles de rodaje.
- c) Capacidad del área terminal.
- d) Capacidad del área terminal de carga.
- e) Capacidad del camino de acceso.

El punto (a) se refiere a las superficies limitadoras de obstáculos.

El punto (b) a la longitud de las pistas, ancho, ubicación y cantidad de ellas.

Longitud y ancho de las calles de rodaje, así como su localización y número de ellas.

El punto 2º corresponde al diseño y área requerida de la terminal, dimensiones de plataformas de operaciones, áreas de permanencia de carga, forma de atraque de los aviones, ubicación del estacionamiento de coches, etc.

Considerando que el área terminal y su edificio destinado a ella es la liga entre los medios de transportación terrestre y aéreo teniendo como función el procesamiento de pasajeros y carga, deben planearse cuidadosamente las actividades que origina el sistema, tales como: zonas administrativas, oficinas para cada Cía. de Aviación que usará el aeropuerto separando las oficinas nacionales de las internacionales para comodidad y funcionamientos de servicios.

## 11. PRESENTACION DEL PROYECTO

El aeropuerto internacional de Bahías de Huatulco, Oax., fué concebido gracias a la preocupación del Gobierno Mexicano por crear nuevos polos de desarrollo que sirvieran para mejorar la economía nacional, en especial centros turísticos que nos permitieran nivelar nuestra balanza comercial a través de divisas extranjeras.

Este aeropuerto se encuentra enclavado en uno de los más prometedores centros turísticos de la República Mexicana, localizada en el Pacífico Mexicano, y es un conjunto de bahías de admirable belleza, en el Estado de Oaxaca, que es una de las entidades federativas con mayores necesidades económicas y sociales.

La topografía del complejo turístico es accidentada con pequeños valles que cuentan con lo necesario para su desarrollo agropecuario y para la creación de asentamientos humanos.

El clima, el paisaje y la riqueza pesquera dieron la pauta -- para que este sitio, con sus playas de extraordinaria belleza de las que son más conocidas: Cacaluta, El Organo, Magüey, El Entrego, Santa Cruz, Chahué, Tangolunga, Los Conejos y Copalita, muy adecuadas -- para los deportes acuáticos o para el disfrute y descanso; fueron -- las razones por las que este lugar fuera escogido para la atracción de turismo nacional y extranjero.

De esta zona, donde está asentado el complejo turístico y cuyo desarrollo ocupa una franja costera de 30 km, de litoral y 21,000 Ha de extensión, fueron destinadas 900 Ha, para el aeropuerto.

Este complejo se encuentra a 140 Km, de Puerto Escondido a 145 Km, de Salina Cruz y a 310 Km, de la Ciudad de Oaxaca.

### SELECCION DEL SITIO PARA EL AEROPUERTO

Los estudios para este fin fueron iniciados desde el año de -- 1976 por la Dirección General de Aeropuertos.

Se efectuaron reconocimientos aéreos detallados y se eligieron dos sitios como los más favorables: Bahía Grande localizada a 50 Km, hacia el Nro de Tehuantepec, y el de Bahías de Huatulco, entre los arroyos de Tepote y Cuajinicuil, a 6.8 Km al oeste de Pochutla.

Estos sitios se estudiaron en coordinación con FONATUR y se -- consideraron los siguientes aspectos: literidad de espacios aéreos -- para las aproximaciones y despegues de las aeronaves operando por -- instrumentos, la compatibilidad del uso del suelo entre el aeropuerto y el complejo turístico, la tendencia al crecimiento de la zona -- urbana, la estadística del régimen de clima, la ubicación de los centros generadores de usuarios y empleos y la posibilidad de disponer de amplias superficies para el desarrollo futuro del aeropuerto.

Finalmente el sitio elegido fué el de Bahías de Huatulco por -- ser el que más ventajas ofreció a los parámetros mencionados.

## LOCALIZACION

El aeropuerto se encuentra localizado entre las coordenadas:

15° 45' de latitud norte  
96° 14' de longitud oeste

A una distancia de 15 Km del desarrollo turístico construido por FONATUR, con un recorrido de 15 min viajando a una velocidad - promedio de 60 Km/hr.

El aeropuerto será construido en tres etapas:

Primera etapa fase A (etapa operativa)

Primera etapa fase B

Segunda etapa

Ambas etapas con un desarrollo al año 2000

Tercera etapa

Con un desarrollo al año 2010.

## ETAPA OPERATIVA

Esta etapa se realizó principalmente para aprovechar al máximo los recursos existentes y poner en servicio las obras que generarán empleos y activarán la economía, así como para poner al aeropuerto a funcionar con el mínimo de instalaciones, que permitan --- brindar seguridad y confort a los usuarios del complejo turístico.

Esta primera etapa se encuentra distribuida en una superficie de 682 Ha, y está formada por los siguientes elementos:

## ZONA AERONAUTICA

PISTA Y CALLES DE RODAJE. Dentro de esta zona de gran importancia se ubica el alma del aeropuerto que es la pista y se designa 07-25, con lo que además de su nombre queda definida su orientación.

La pista tiene una longitud de 2,300 m, y un ancho de 45 m, -- cuenta con una calle de rodaje terminada, que se localiza al tercio medio de la pista en diagonal formando un ángulo de 30° con respecto al eje de la misma, siendo de 480 m, de largo y 23 m, de ancho.

Con estos primeros elementos se tendrá la capacidad para dar servicio a un promedio de 15 operaciones considerando aterrizajes - y despegues, estimándose que el 20% F-27 y el 10% restante serán - avionetas, considerando que todo este equipo estará operado por compañías aéreas nacionales y extranjeras, vuelos charter y particulares.

**CUERPO DE RESCATE Y EXTINCION DE INCENDIOS (CREI).** La estación de bomberos se encuentra en un área anexa a la plataforma de operaciones, teniendo un acceso rápido a la pista, calles de rodaje y zona de combustibles.

**TORRE DE CONTROL.** - Esta es provisional y se encuentra localizada en un montículo cercano al área terminal.

**AYUDAS A LA NAVEGACION AEREA.** En apoyo a las operaciones en aeropuerto quedarán instaladas las siguientes ayudas:

Un radio omnidireccional de alta frecuencia (VOR/DME).

Sistema para aproximaciones de precisión (PAPI) instalado - en ambas cabeceras.

Dos conos indicadores de la dirección del viento.

Señalamiento horizontal y vertical en la pista, el rodaje y la plataforma.

#### PRIMERA ETAPA FASE B

**ZONA AERONAUTICA.** - Se ampliará 400 mts. la longitud de la pista hacia el lado de la cabecera 25, por lo que el total de la pista será de 2,700 mts. de largo y 45 mts. de ancho, atendiéndose así el despegue de aeronaves del tipo DC-8-80 al 100%, es decir -- que se podrá operar cualquier avión a su máxima capacidad a cualquier destino nacional, de EU y Canadá. Se concluirá la construcción del rodaje bravo, contando la pista con dos rodajes de salida pudiendo así atender de 12 a 22 operaciones en una hora; 12 cuando el 30% de éstas sean aterrizajes y el 100% cuando esté en condiciones IFR, es decir con reglas para vuelos con instrumentos; y 22 cuando sean 50% de despegues, el 50% de operaciones sean VFR, con reglas para vuelo visual y el 50% IFR.

#### ZONA TERMINAL

**PLATAFORMA PARA LA AVIACION COMERCIAL.** En esta fase se ampliará la plataforma hasta que llegue a tener las dimensiones totales de 222.5 x 135 mts., área en la que se podrán estacionar dos aviones del tipo DC-10 y una del tipo B-727-200.

**PLATAFORMA DE AVIACION GENERAL.** El área que ocupará esta -- plataforma será de 135 x 102.5 mts., y en ella se podrán estacionar 22 aviones en forma simultánea, con esta capacidad se espera cubrir la demanda esperada hacia 1999.

Cuando se hayan ampliado las plataformas, se tendrá que ampliar la vialidad de servicio en 73 mts. lo que dará una longitud total de 950 mts.

**EDIFICIO TERMINAL.** En esta etapa se deberá incrementar el área de este elemento a fin de atender a 500 pasajeros en el lapso de máxima demanda, debiendo ser de 5,000 m<sup>2</sup> construidos.

**ESTACIONAMIENTO.** Este se ampliará a una superficie de 5,640 m<sup>2</sup> con espacios para 776 cajones, 150 para aviación comercial, 18 para la aviación general y 60 para empleados.

#### INSTALACIONES DE APOYO

**ZONA DE COMBUSTIBLES.** Se instalará el equipo necesario para almacenar 100,000 lts. de turbosina, para garantizar el abasto pro nosticado para el año de 1995.

**AYUDAS A LA NAVEGACION AEREA.** En vista de que la pista está ya ampliada en la cabecera 25 se deberá reinstalar el sistema PAPI y se ampliará el señalamiento horizontal y vertical, además de que se instalará el sistema de luces de operaciones nocturnas.

#### SEGUNDA ETAPA

Esta etapa se iniciará en 1993 y se pondrá en operación en 1994, cubriendo la demanda al año 2000. Se deberá construir lo siguiente:

Un tramo de la calle de rodaje paralela de 900 m de longitud y 25 m de ancho para unir la cabecera 25 con las plataformas.

Esta calle tendrá una separación de 150 m entre su eje y el de la pista. Con este sistema se podrá dar servicio de 18 a 25 operaciones por hora, 10 si el 50% son aterrizajes y el 50% son despegues y se realicen en condiciones IFR, 20 operaciones si el 70% son aterrizajes y 30% despegues y si de estos el 50% se realicen en condiciones IFR y el 50% en VFR, teniendo así la capacidad pronosticada para el año 2010.

**EDIFICIO TERMINAL.** Llegará a una área de 7,400 m<sup>2</sup> para atender a 740 pasajeros en el lapso de máxima demanda.

**ESTACIONAMIENTO.** Creará en las siguientes proporciones:

En 6,600 m<sup>2</sup> para alojar 200 autos para pasajeros de aviación comercial, 900 m<sup>2</sup> para 30 autos de la aviación general y 3,900 m<sup>2</sup> para alojar 150 autos de los empleados. Para el movimiento de carga previsto para el año 2,000 se ampliarán 70 m<sup>2</sup> para tener un total de 300 m<sup>2</sup>.

**ZONA DE COMBUSTIBLES.** Para atender la demanda al año 2,000 se necesita almacenar 1'340,000 lts de turbosina, 60,000 lts. de gas-avión de 100/130 octanos, 60,000 de gas-avión de 80-87 octanos y 120,000 lts. de agua.

## ZONA TERMINAL

PLATAFORMA PARA LA AVIACION COMERCIAL. Es conveniente decir - que la capacidad de la plataforma se determina conociendo la pobla- ción, los tipos de aeronaves, las características de operación ya - sean remolcados o bien autopropulsados.

En esta etapa operativa la plataforma para aviones comerciales tiene capacidad para albergar a dos aviones de los de mayor capacidad una del tipo B-727-200 y otra del tipo DC-10; entrando y saliendo por propio impulso. La superficie que ocupa la plataforma es de 150 m x - 135 m y está localizada en la prolongación de la calle de rodaje - - hacia al lado sur de la pista.

EDIFICIO TERMINAL. En relación a esta área es importante cono- cer los requerimientos para determinar su capacidad.

Determinar si el aeropuerto es internacional o nacional, regio- nal o fronterizo. Conocer el número de pasajeros que se presentarán - en la hora de máxima demanda.

Por otro lado el edificio terminal es lo más importante para - los pasajeros, es aquí donde comienza o finaliza su viaje y desean te- ner la mayor comodidad, rapidez y seguridad, además de otras activida- des como son los trámites de documentación, aduanales, reclamo y en- - trega de equipaje, salas de espera y algunos servicios comerciales.

Para el aeropuerto de Bahías de Huastulco el edificio terminal- provisional tiene un área de 1,300 m<sup>2</sup>, para atender una demanda de -- 500 pasajeros en la hora crítica para el año de 1990.

ESTACIONAMIENTO. Con el fin de brindar este servicio a los pa- sajeros de aviación comercial, este aeropuerto consta de 2,824 m<sup>2</sup> de - estacionamiento,<sup>2</sup> para dar cabida a 94 automóviles, teniendo en cuenta que se usan 30 m<sup>2</sup>/automóvil.

PLATAFORMA DE AVIACION GENERAL. Para la etapa operativa no se- proyectó esta plataforma, pero las naves se estacionarán en la calle- de rodaje B, de la unión entre la plataforma de aviación comercial y - general.

HANGARES. En la primera etapa se tiene contemplado la construc- ción de 6 hangares que cubrirán la demanda esperada para el año 2010. Estos hangares estarán localizados en la zona adyacente a la platafor- ma de aviación general.

## INSTALACIONES DE APOYO

ZONA DE COMBUSTIBLE. Esta zona se localiza en la parte más ale- jada de la zona terminal. Cuenta con 5 tanques de 60,000 lts. de capa- cidad cada uno.

Otra manera de entender lo que son las terracerías es de acudir a los conceptos que se tienen que ejecutar para la construcción de éstas y dejarlas aptas para su trabajo, las cuales son:

- Desmonte
- Cortes
- Préstamos
- Acarreos
- Terraplenes
- Conformación
- Refinamiento

**Desmonte.** Es la ejecución de la totalidad o parte de las siguientes operaciones:

**Corte de árboles y arbustos**

Roxa que consiste en quitar maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras.

Desenraíce que consiste en sacar los troncos y tocones con todo y raíz o cortándolos, limpia y quemar que consiste en retirar y estibar el producto del desmonte al lugar que indica que el contratante así como en quemar lo no utilizable.

La vegetación se clasifica en:

Manglar

Selva o Bosque

Monte de regiones áridas o semiáridas

Monte de regiones desérticas, zonas cultivadas o de pastizales.

Para su ejecución los conceptos que intervengan se harán todo o en parte del derecho de vía según se fije el proyecto y lo ordene el contratante, igualmente se ejecutarán estos trabajos en la superficie limitada por las líneas trazadas cuando menos a 1 metro fuera de los ceros de los canales, contracunetas y de las zonas que limitan los préstamos, bancos y otras superficies fuera del derecho de vía que el contratante ordene desmontar. Estos conceptos podrán realizarse a mano o con el equipo adecuado para cada caso.

La vegetación del lugar donde se realizó dicho proyecto es selva o bosque con una densidad del 100% siendo el área del desmonte de 93 Ha.

**Cortes.** Excavaciones del terreno natural y resoción de los materiales producto de los mismos, con objeto de formar la sub-rasante, los taludes, las cunetas y escalones correspondientes a una obra vial como lo indique el proyecto y lo ordene el contratante.

Se considera dentro de este capítulo la ampliación y/o abastecimientos de taludes que se ordene en cortes ya atacados durante la ejecución de la obra.

Clasificación de materiales. Los materiales excavados de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción y carga se clasificará tomando como base los 3 tipos siguientes:

Material A  
Material B  
Material C

Material A es el blando o suelto, que puede ser eficientemente excavado con escropa de capacidad adecuada para ser jalada con tractor de orugas de 90 a 110 H.P. en la barra, sin auxilio de arados o tractores empujadores (aunque ambas se utilicen para obtener mayores rendimientos) o por excavadoras mecánicas montadas sobre tractor de oruga o equipo similar.

Material B es el que por su dificultad de extracciones y carga sólo puede ser excavado eficientemente por tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable de 140 o 160 H.P. en la barra o con pala mecánica de capacidad mínima de 1 m<sup>3</sup> sin el uso de explosivos (aunque por consecuencia se utilicen para aumentar el rendimiento); o bien que pueda ser aflojado con arado de 6 ton., jalado por tractor de orugas de 140 o 160 H.P. en la barra. Además se considera como material B las piedras sueltas menores de 1/2 m<sup>3</sup> y mayores de 20 cm. Los materiales más comunmente clasificables como material B, son las rocas muy alteradas, conglomerado medianamente cementada, areniscas blandas y tepetate.

Las excavaciones en cortes y adicionales abajo de la sub-rasante en material B es de 1 305 292 m<sup>3</sup>.

Material C es el que por su dificultad de extracción solo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos de detonación rápida; además también se considera como material C las piedras sueltas que aisladamente cubiquen más de 1 m<sup>3</sup> (entre los materiales clasificables como material C se encuentran las rocas basálticas, las areniscas y los conglomerados fuertemente cementados, calizas, reolitas, granitos y andesitas sanas.

El volumen de las excavaciones en cortes y adicionales abajo de la sub-rasante en material C es de 127,970 m<sup>3</sup>.

Para clasificar un material se tomará en cuenta la dificultad que haya presentado para su extracción y carga, asímiéndolo al que corresponda de los materiales A, B, C. Siempre se mencionarán los tres tipos de materiales para determinar claramente de cual se trata, indicando los porcentajes de cada uno, correspondiendo la primera cifra al material A, la segunda al B y la tercera al C. Para la ejecución de estos conceptos el equipo debe ser -

autorizado por el contratante.

La clasificación de materiales y corte en materiales 2, 3 y 5 es la siguiente:

Material clasificado como 00-50-50 tipo 2, 307,127 m<sup>3</sup>

Material clasificado como 00-50-70 tipo 3, 815,059 m<sup>3</sup>

Material clasificado como 01-00-100 tipo 5, 11,167 m<sup>3</sup>

Las excavaciones en los cortes se ajustarán a los procedimientos de construcción fijados en el proyecto y/o ordenados por el contratante procurando seguir un sistema de ataque que facilite el drenaje del corte, así como simultáneamente la construcción de contracuestas.

Para formar la sub-rasante, si la cota del corte es material C y, cuando lo fije el proyecto, en materiales A, B, la excavación se hará hasta una profundidad media de 30 cm bajo toda la sección de la cota, no pudiendo quedar salientes a menos de 15 cm. abajo del nivel de la sub-rasante. El nivel definitivo de la sub-rasante se obtendrá rellenando la cota del corte con material adecuado según especificaciones.

En la compensación longitudinal no se deben iniciar los cortes antes de construirse las alcantarillas y muros de sostenimiento.

Para dar por terminada la excavación de un corte, se verificarán el alineamiento, el perfil y la sección (forma, anchura y acabado), de acuerdo con lo fijado con el proyecto y/o lo ordenado por el contratante dentro de las tolerancias que se indican a continuación:

- a) En cortes excavados en materiales A, B, C
  - niveles en sub-rasante  $\pm$  3 cm.
  - ancho de la corona del centro línea a la orilla - 10 cm.
  - ancho de cunetas - 10 cm.
- b) Taludes en material A, B.
  - irregularidades con respecto a la superficie teórica del talud 50 cm.

La unidad de medida es el metro cúbico y se separan los volúmenes de cada tipo de material y no se deben considerar abundamientos.

Préstamos son excavaciones que se ejecutarán en los lugares fijados en el proyecto, a fin de obtener los materiales para formar los terraplenes no compensados.

Los tipos de préstamos son:

laterales

de bancos

Préstamos laterales son los que se hacen a los lados y/o a lo largo de los terraplenes y que se encuentran dentro de la distancia-límite de sobreacarreo.

Préstamo de banco son los que se hacen tomando el material de los sitios fijados por el contratante, acarreándolo a mayor distancia que la del límite de sobreacarreo.

Para este proyecto el banco del cual se podrán obtener materiales apropiados para estructurar la capa sub-base es el designado como "Macahuatlillo", distante del aeropuerto 3.2 Km.

Se ubica a 30 Km. aproximadamente del cruce de Sta. María - Huatulco, a ambos lados del camino que lleva a dicha población.

Morfológicamente se trata de varias lomas en la costa de intemperización de gneiss y granitos, de donde se podrán obtener arenas arcillosas, S.C.

El volumen a aprovechar es de 48,600 m<sup>3</sup>.

Antes de utilizar los préstamos de ajuste se deben aprovechar los materiales de los cortes.

Acarreos, es el transporte y descarga del material producto de la excavación de cortes, canales, préstamos o derrumbes, para -- construir un terraplen o efectuar un desperdicio, de acuerdo con lo fijado en el proyecto, o la carga, transporte y aplicación del agua-empleada en la compactación de terracerías.

Estas se derivan en:

- Sobreacarreo
- Acarreo largo
- Acarreo de banco
- Acarreo de agua

Acarreo libre, es el efectuado a una distancia fijada en el proyecto y por el cual no se hace ningún pago directo, quedando entendido que está incluido en el precio unitario del material excavado.

Sobreacarreo, es el transporte que se efectúa en una distancia en exceso de la del acarreo libre y hasta el límite económico fijado en el proyecto.

Acarreo largo, es el que se hace para la compensación longitudinal de las terracerías, en distancias mayores que la del límite económico para el sobreacarreo fijado en el proyecto.

Acarreo de banco, es el transporte y descarga de los materiales producto de la explotación de préstamos de bancos.

Acarreo de agua, es el que se efectúa entre el lugar de obtención y el de aplicación.

El equipo, los acarrees y el agua serán los autorizados con los procedimientos indicados por el contratante.

Para el proyecto del aeropuerto de Bahías de Huatulco, se realizó lo siguiente: Sobrecarreo de los materiales producto de las excavaciones de cortes y adicionales abajo de la sub-rasante, ampliación y/o abatimiento de taludes, rebaje en la corona de cortes y/o terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamo de banco, derrumbes y canales se movieron los siguientes volúmenes:

Para los primeros quinientos (500) metros 434,306 m<sup>3</sup>.

Para la distancia excedente a los primeros quinientos metros-incremento por cada hectómetro adicional a los primeros cinco (5) -- hectómetros 6,514,590 m<sup>3</sup>-hm.

Para cualquier distancia de materiales de préstamo de banco -- para la construcción de la carga sub-rasante y para completar la -- construcción del cuerpo del terraplen.

Para el primer kilómetro 48,600 m<sup>3</sup>  
Para los kilómetros subsecuentes 105,920 m<sup>3</sup>-hm

Terraplenes son estructuras de forma y dimensiones fijadas en el proyecto, construidas sobre el terreno, con el material adecuado-producto de un corte o de un préstamo, para tomar la sub-rasante y -- los taludes correspondientes a una obra vial.

Siempre que la topografía del terreno lo permita los terraplenes se construirán por capas sensiblemente horizontales, de todo el ancho de la sección y de un espesor aproximadamente uniforme.

En el caso de rocas fragmentadas, el espesor de las capas -- será el mínimo que permita el tamaño mayor del material; en el caso de suelos, en que el proyecto no ordene compactación con equipo especial, el espesor de las capas deberá ser menor de 30 cm, a fin de -- aprovechar el acomodo que le proporcione el equipo de construcción; en el caso de suelos que deban compactarse con equipo especial, el espesor será el adecuado al equipo, de compactación por emplear. Se deberá dar al material uniformemente la humedad necesaria, ya sea -- aplicando el agua en el lugar de excavación o en el terraplen mismo -- según lo ordene el contratante; cuando el material de los terraplenes contenga mayor grado de humedad que el necesario, se eliminará -- el agua excedente antes de proceder a su compactación.

La cantidad de obra realizada para la construcción de los terraplenes es la siguiente:

Para la compactación del terreno natural en el área de desplante de los terraplenes para el noventa y cinco por ciento (95%) - - - 76,140 m<sup>3</sup>.

Para la formación y compactación de terraplenes adicionales -- con sus cuñas de sobre ancho al para noventa por ciento (90%) - - - 359,550 m<sup>3</sup>.

b) para noventa y cinco por ciento (95%) 157,315 m<sup>3</sup>.

El equipo que se usó para la construcción de las terracerías -- fué el siguiente:

Desmonte para densidad 100%, vegetación tipo selva o bosque -- área 93 Ha.

Utilizando tractor D-8 con rendimiento 0.215 Ha/hr.

0.125 Ha/hr. x 8 hr/día = 1 Ha/día

Los trabajos se realizarán en:

93 Ha ÷ 1 = 93 días

Despalme desperdiciando el material por unidad de obra terminada.

De Cortes 48,600 m<sup>3</sup>

Utilizando un tractor D-8K con rendimiento 300 m<sup>3</sup>/hr.

300 m<sup>3</sup>/hr. x 8 hr/día = 2,400 m<sup>3</sup>/día.

Los trabajos de despalme en cortes se realizarán en:

48,600 m<sup>3</sup> ÷ 2,400 m<sup>3</sup>/día = 21 días

Para desplantes de terraplenes 72,900 m<sup>3</sup>.

Los trabajos se realizarán en:

72,900 m<sup>3</sup> ÷ 2,400 m<sup>3</sup>/día = 31 días

Excavaciones en cortes adicionales abajo de la subrasante.

En material clasificación E 1,305,292 m<sup>3</sup>

1,305,292 ÷ 2,400 = 544 días

En material clasificación A 127,970 m<sup>3</sup> 127,970 m<sup>3</sup>

127,970 ÷ 2,400 = 54 días.

Los préstamos se obtendrán del banco ubicado en el Km. - 2 + 900 camino a Sta. Ma. Huatucio No. 1 (MACAHUATILLO) con un volumen de 48,600 m<sup>3</sup> de terraplenes.

La compactación del terreno natural en el área de desplante -- que los terraplenes para el noventa y cinco por ciento (95 %) tiene un volumen de obra de 76,140 m<sup>3</sup>.

Para la formación y compactación de terraplenes adicionados con sus cuñas de sobre ancho para noventa por ciento (90 %) se requiere un volumen de 359,550 m<sup>3</sup> para el noventa y cinco por ciento (95%) 157,215 m<sup>3</sup>.

#### IV.- OBRAS DE DRENAJE

Las obras de drenaje en aeropistas están destinadas a captar y eliminar las aguas que corren sobre el terreno natural o sobre la estructura; estas aguas principalmente proceden de las - - lluvias, aunque a veces tienen su origen en manantiales o de inundaciones de corrientes fluviales.

Estas obras las podemos clasificar en superficiales y subterráneas, el diseño de las mismas dependerá del tipo de suelo predominante.

A continuación se presenta un corte esquemático en donde podremos apreciar ambos tipos de obras de drenaje.

1. Cunetas
  2. Subdren
  3. Registro
  4. Alcantarilla
  5. Bombeo
  6. Bordillos
  7. Lavaderos
- Ver figura

Obras de drenaje superficial: cunetas, bombeo, bordillos y lavaderos.

Obras de drenaje subterráneo: subdren, alcantarilla y registros.

El drenaje superficial está basado en una nivelación apropiada, para que las pendientes que se den a las secciones transversales de las pistas y calles de rodaje y a los taludes de los cortes y terraplenes, drenen el agua hacia los colectores. El escurrimiento usualmente se colecta, a lo largo de los bordes de las franjas de aterrizaje, con zanjas poco profundas que llevan a los tubos de toma de las alcantarillas pluviales.

En algunos aeropuertos mayores, con anchas pistas pavimentadas, el agua de la superficie también es colectada a lo largo de los bordes de la pista.

Las tomas de drenaje de superficie pueden colocarse en el lado externo de los bordes de pista, estas tomas están esparcidas de 60 mts. a 90 mts. entre sí a lo largo de la pista de rodaje.

Para el diseño es esencial un conocimiento de los diferentes suelos que forman la estratigrafía del lugar. Si el sitio está compuesto de suelos de alta permeabilidad, el factor a cuidar es la erosión del suelo por los mismos escurrimientos, por lo que se deberá cuidar que no haya fuertes concentraciones de agua y las velocidades en las pendientes no sean fuertes. Esto es crítico especialmente en suelos arcillosos y limos no plásticos. Por lo demás como es un suelo auto-drenable no requerirá de un sistema de drenaje subterráneo.

Si por el contrario el lugar está constituido por suelos impermeables, las filtraciones serán despreciables y se requiere todo un sistema de drenaje tanto superficial como subterráneo que drene la cantidad de agua que se haya estimado como la máxima del lugar.

Para el caso de un suelo estratificado el problema del drenaje, ya no es tan simple y requiere un conocimiento más detallado de la estratigrafía del lugar y las condiciones hidráulicas predominantes.

Si un suelo impermeable subyace a una capa de suelo permeable de poco espesor, se requerirá un drenaje superficial y además un sistema de drenaje subterráneo que desaloje el agua que ocurre sobre el nudo impermeable.

A continuación se describen las obras de drenaje necesarias para la pista 07-25. (Ver figura)

## V PAVIMENTO

Pavimento es la capa o conjunto de capas comprendidas entre la sub-rasante y la superficie de rodamiento de una obra vial, cuya finalidad es proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente al tránsito de vehículos, el interperismo producido por los agentes naturales y a cualquier otro agente perjudicial. Como función estructural un pavimento tiene la de transmitir adecuadamente los esfuerzos a la sub-rasante, de modo que ésta no se deforme de manera perjudicial.

Por sub-rasante se entiende la superficie de una terracería-terminada, siendo ésta última el conjunto de cortes y terrapienes de una obra vial.

Existen actualmente dos tipos básicos de pavimento: rígido y flexible.

Los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto hidráulico, con recubrimiento bituminoso o sin él, apoyada sobre la sub-rasante o sobre una capa de material seleccionado (grave y arena). Los concretos usados son de resistencia relativamente alta, generalmente comprendida entre 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 350 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. En general, se usa concreto simple y ocasionalmente reforzado. Actualmente existe una tendencia al empleo de concreto presforzado. Las losas de concreto simple son de dimensiones pequeñas, del orden de 4 m a 8 m; estas dimensiones aumentan al usar algún refuerzo y llegan a los 100 m en concretos presforzados. Los espesores usados para las losas son del mismo orden usando o no refuerzo.

Los pavimentos flexibles están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base; la calidad de estas capas es descendiente hacia abajo.

Para cumplir sus funciones, un pavimento debe satisfacer dos condiciones básicas; ofrecer una buena y resistente superficie de rodamiento, con la rugosidad necesaria para garantizar buena fricción con la llanta de los vehículos y con el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos; en segundo lugar, debe poseer la resistencia apropiada y características mecánicas convenientes para soportar las cargas impuestas por el tránsito sin falla y con deformaciones -- que no sean permanentes y que garanticen un tráfico en buenas condiciones.

## PAVIMENTOS FLEXIBLES

### SUB-BASE

Es la transición entre el material de base, generalmente granular más o menos grueso y la propia sub-rasante. La sub-base es más -- fina que la base, actúa como filtro de ésta e impide su incrustación en la sub-rasante.

La sub-base también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales en la sub-rasante, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambio de humedad, impidiendo que se refleje en la superficie del pavimento. Otra de sus funciones es la de actuar como dren para desalojar el agua que se infiltre al pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base de agua precedente de la terracería.

### BASE

La función fundamental de la base es transmitir a la sub-base y sub-rasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

### CARPETA

La carpeta debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada, con textura y color convenientes y resistir los efectos abrasivos del tráfico. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del -- agua al interior del pavimento.

## PAVIMENTOS RIGIDOS

### BASE

Las funciones son similares a las de un pavimento flexible y sirve también para proporcionar una superficie uniforme que sirva de apoyo a la losa y facilite su colado; protege también a la losa de -- cambios volumétricos en la sub-rasante, que de otra manera inducirían esfuerzos adicionales en aquella. La base no influye en el espesor de la losa en caminos e influye muy poco en aeropistas.

### LOSA

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que se apliquen.

Para el caso de la AEROPISTA 07-25 del aeropuerto de Bahías de - Huatulco en Oaxaca, el tipo de pavimento es flexible y su estructura -- será la siguiente:

#### ESTRUCTURA DE LA PISTA

La estructura de los pavimentos en las áreas críticas de circulación, es decir, en todo lo ancho de la pista (45 m) y tramos de acceso - (23 m), estará constituida por una base hidráulica de 36 cm y una carpeta asfáltica de 13 cm. El pavimento se apoyará en una capa sub-rasante - de 40 cm en las secciones en terraplen y de 30 cm en las secciones de -- corte. Los acotamientos serán de 7.5 m de ancho, en las cabeceras y pista principal y de 10.50 m en los tramos de acceso, estos elementos se estructurarán con una base hidráulica de 18 cm y una carpeta de 7 cm.

#### PROCESO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO

##### BASE:

- a) Obtención del material del Banco y tratamiento necesario
- b) Acarreo del material del banco a la pista
- c) Tendido y compactación del material

##### CARPETA ASFALTICA:

- a) Obtención del material del Banco y tratamiento necesario.
- b) Barrido de la superficie (base)
- c) Riego de impregnación y de liga
- d) Elaboración y tendido del concreto asfáltico
- e) Compactado de la carpeta asfáltica

##### BASE

- a) Obtención del material del Banco y tratamiento necesario.

Los materiales que se emplean en la construcción de sub-bases y bases, deberán ser de los tipos que se indican a continuación:

Materiales que no requieren tratamiento

Materiales que requieren ser disgregados

Materiales que requieren ser cribados

Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados.

Materiales que requieren ser triturados totalmente y cribados.

Estos últimos son los que se requieren para la construcción de la base hidráulica de la aeropista.

Materiales que requieren ser totalmente triturados y cribados, deberán ser extraídos, pepenados u obtenidos de depósitos naturales o de desperdicios y triturados a tamaño máximo de 30 mm (1 1/2"), con - - equipo mecánico adecuado que permita satisfacer la composición granulométrica fijada.

Este material será extraído en su totalidad del banco denominada de HUATULCO, ubicado en el Km 18-400 a Benito Juárez vía Sta. María - Huatulco. Este banco tiene una capacidad de 1'000,000 de metros cúbicos, capacidad suficiente para la construcción de la base, el tratamiento que se le dará al material será el de trituración total, tamaño máximo de 30 mm (1 1/2").

Para obtener el tamaño deseado del material se requiere de una Planta Trituradora.

**PLANTA DE TRITURACION:** Es un conjunto de elementos mecánicos, - acoplados en forma adecuada para desarrollar un ciclo completo de trituración.

El equipo básico de estas plantas consta de una tolva alimentadora que recibe el material de los bancos para iniciar el proceso de tres o más quebradoras divididas en primarias, secundarias o terciarias, y de varias bandas transportadoras que acarrean el material triturado hasta depositarlo sobre las cribas para su clasificación.

Ordinariamente la tolva alimentadora va protegida por una rejilla de barras de acero, para evitar que pasen rocas demasiado grandes y no puedan ser trituradas por la quebradora primaria.

El proceso de trituración que normalmente empieza al ser recibido el material a través de la tolva principal, efectúa inmediatamente la distribución del mismo por medio de bandas transportadoras que según la clasificación obtenida en las cribas pasa por depósitos almacenamiento si el material ya no requiere de ningún tratamiento, a la quebradora primaria si la roca es muy grande y no puede atravesar por ninguna criba clasificadora, para que entonces aquí sea reducida de tamaño, y la quebradora secundaria o terciaria donde las rocas más pequeñas obtienen su graduación definitiva.

El ciclo de procesos se obtiene hasta lograr la granulometría deseada.

En general las plantas de trituración se dividen en fijas y - - portátiles, aunque las portátiles son más comunes, ya que es más - - fácil su transportación sobre todo cuando los trabajos son temporales aunque también son usadas en trabajos de tipo permanente.

La planta trituradora es una PIONEER-CELMEC, y tiene un rendimiento de 60 m<sup>3</sup>/hr.

Para la pista de acuerdo a sus dimensiones (2,700 M de largo, - 45 m de ancho y un espesor de 0.36 m) se requiere de 43,740 m<sup>3</sup> de material.

Trabajando 8 hr. diarias la planta tiene una producción de:  
 $60 \text{ m}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr}/\text{día} = 480 \text{ m}^3/\text{día}$ .

La demanda de material será cubierta por la trituradora en:

$43,740/480 = 92 \text{ días} = 3 \text{ meses}$ .

b) Acarreo del material del banco a la pista.

Para el acarreo del material a la trituradora se usará un tractor D-8K y para la alimentación de la misma un traxcavo modelo-955 L. Los rendimientos de ambas máquinas están sujetos al de la trituradora, ya que ambas máquinas tienen un rendimiento mayor a los  $480 \text{ m}^3/\text{día}$  de la trituradora.

Una vez triturado el material se transportará a la pista en camiones de volteo de  $6 \text{ m}^3$ , cada camión hace el recorrido del banco de material a la pista y regreso al banco de material en 60 minutos por lo que cada camión moverá un volumen de:

$6 \text{ m}^3 \times 8 \text{ hrs} = 48 \text{ m}^3/\text{día}$

Para mover el material que produce la trituradora por día ( $480 \text{ m}^3$ ) se necesitarán 10 camiones.

c) Tendido y compactación del material.

La construcción de la base se iniciará cuando las terrazas estén terminadas dentro de las tolerancias fijadas en el proyecto.

La descarga de los materiales que se utilicen en la construcción de la base deberá hacerse sobre la sub-rasante en volúmenes -- por estación de 20 m.

El procedimiento de ejecución de la base en términos generales es el siguiente:

1) Se empleará motoconformadora del tipo 120-B para el mezclado y tendido, se extenderá parcialmente el material y se procederá a incorporarle agua por medio de riegos (trabajo que será ejecutado por un camión pipa) y mezclas sucesivas para alcanzar la humedad que se fije y hasta obtener homogeneidad en granulometría y humedad. A continuación se extenderá el material en capas sucesivas de material sin compactar, cuyo espesor no deberá ser mayor de 15 cm.

2) Cada capa extendida se compactará hasta alcanzar el grado mínimo fijado en el proyecto, que es de 100%, sobreponiéndose las capas hasta alcanzar el espesor y sección fijados en el proyecto y/o ordenados por la Secretaría, la cual podrá ordenar que cualquier capa ya compactada se escarifique y se le agregue si es necesario, antes de tender la siguiente capa, a fin de ligarlas debidamente.

Se dará riegos superficiales de agua, durante el tiempo que dure la compactación, únicamente para compensar la pérdida de humedad por evaporación.

3) En las tangentes, la compactación se iniciará de las orillas hacia el centro y en las curvas, de la parte interior de la curva hacia la parte exterior.

El tendido del material en la pista se hará con una motocof--formadora modelo 120-B, esta máquina tiene un rendimiento de  $60 \text{ m}^3 / \text{hr}$ , lo que significa un volumen diario de  $640 \text{ m}^3$ , suficiente para el material producido diariamente. El regado se hará con una pipa de --8,000 lts. de capacidad.

El material ya tendido será compactado al 100% que requiere el proyecto. Para este trabajo se usará una compactadora modelo VAP-70 que es un compactador DUO-PACTOR el cual combina la compactación superficial del rodillo liso de acero, con la de tipo profundo de los neumáticos y tiene un rendimiento de  $60 \text{ m}^3 / \text{hr}$ , con lo que se cubre el volumen de producción diaria.

De esta forma la construcción de la base tendrá una duración de 3 meses aproximadamente.

#### CARPETA ASFALTICA

Las carpetas de concreto asfáltico son las que se construyen mediante el tendido y compactación de mezclas elaboradas en caliente en una planta, utilizando agregados petreos y cementos asfálticos.

a) Obtención del material del banco y tratamiento.

En la elaboración de concretos asfálticos se emplearán exclusivamente cementos asfálticos.

Los materiales petreos serán del Banco denominado Huatulco en su totalidad y el tratamiento que se le dará será el de trituración total y cribado hasta obtener un tamaño de  $19 \text{ mm}$  ( $3/4"$ ), mediante --planta trituradora (mencionada anteriormente)

El volumen para la carpeta es de:

$$2,700 \text{ m} \times 45 \text{ m} \times 0.13 \text{ m} = 15,795 \text{ m}^3$$

El rendimiento de la máquina trituradora es de  $480 \text{ m}^3 / \text{hr}$  por lo que el volumen requerido será producido en:

$$15,795 / 480 = 32.9 = 33 \text{ días.}$$

Material que será entregado a la planta de asfalto para la --elaboración del concreto asfáltico.

Antes de proceder a la construcción de la carpeta, la base de berá estar debidamente preparada e impregnada.

Los materiales asfálticos que deberán emplearse en el riego - de liga, serán cementos asfálticos, asfaltos rebajados o emulsiones - de rompimiento rápido del tipo fijado en el proyecto.

b) Barrido de la superficie (base)

Antes de aplicar el riego de liga sobre la base impregnada, - ésta deberá ser barrida para dejarla exenta de materias extrañas y - polvo; además no deberá haber material asfáltico encharcado.

BARREDORA: Equipo complementario en la pavimentación, que general - mente se usa para quitar el polvo o basura acumulada sobre las - bases y sub-bases compactadas, y mejorar así la adherencia del riego - de liga.

Básicamente esta máquina está formada por un rodillo de cer - das, que colocado apropiadamente y en forma perpendicular con respec - to a su movimiento, va sostenido por medio de un bastidor, el cual - se apoya sobre un par de ruedas pequeñas de hule en su parte trasera y se articula al frente a través de una barra de tiro, a un tractor - agrícola para su remolque.

c) Riego de impregnación y de liga.

Una vez barrida la superficie se procederá a aplicar el riego - de impregnación con asfalto del tipo FM-0 en una proporción de 1.2 - lts/m<sup>2</sup>. Esta operación se ejecutará con petrolizadora.

PETROLIZADORA: Equipo complementario en los trabajos de pavi - mentación, que sirve para cargar y regar el asfalto líquido.

Básicamente no es otra cosa que un camión, en cuya parte tra - siera lleva adaptado de tal manera y sobre un bastidor formado por -- dos vigas de acero reforzadas con miembros transversales tubulares - un tanque termo con rompe-olas y de forma elíptica, que a su vez se - complementa con una barra de riego y una bomba de líquidos pesados, - que se colocan en su parte inferior y se accionan con un motor adic - cional o el del vehículo.

En general el tanque termo que varía su capacidad y tamaño -- según el modelo, está constituido por quemadores de gas o de petróleo - cuya función es la de calentar a un par de serpentines que le propor - cionan la temperatura al asfalto, los cuales generalmente van coloca - dos en la parte trasera del tanque y junto con el termómetro blinda - do para conocer su temperatura.

La bomba de líquidos pesados que sirve para la carga del tan - que por medio de mangueras, y para la circulación de la mezcla asfál - tica dentro del mismo, es esencialmente el componente más importan - te de esta máquina, ya que el riego del asfalto que se hace a cierta - temperatura producida por los quemadores y a través de la barra de - riego, es llevado a cabo mediante la presión que produce dicha bomba

Finalmente diremos que debajo del tanque de estas máquinas - se lleva una 5a. rueda articulada al chasis, cuya finalidad es la de accionar un tacómetro que marca la distancia regada e indica la velocidad en m/seg.

La colocación del motor, la bomba y los controles del operador entre la cabina y la parte del tanque, reducen el peligro de incendio, ya que la bomba al frente muy lejos de los quemadores, así como el trabajo insalubre del operador evitándole que se exponga a los vapores de asfalto, al calor de los quemadores y a los escapes-humeantes y calientes de las chimeneas.

Se dará un riego de liga con petrolizadora, en toda la superficie que quedará cubierta con la carpeta, utilizando un material asfáltico del tipo FR-3 en cantidad de  $0.6 \text{ lt/m}^2$  que es la fijada en el proyecto. Este riego deberá darse antes de iniciar el tendido de la carpeta, dejando transcurrir entre ambas operaciones el tiempo necesario para que el material asfáltico regado adquiera la viscosidad adecuada.

#### c) Elaboración y tendido del concreto asfáltico.

El material petreo deberá ser calentado y secado para que la humedad que contenga sea inferior a uno por ciento (1%), antes de introducirlo a la mezcladora. La temperatura del material petreo -- deberá estar comprendida entre ciento veinte y ciento sesenta grados centígrados (120 C-160 C), al salir de la planta de elaboración.

PLANTA DE ASFALTO: Básicamente es un conjunto de elementos - mecánicos cuya función es la de elaborar mezclas asfálticas a grandes temperaturas que se utilizan como superficies de rodamiento.

En general estas máquinas se encuentran formadas fundamentalmente por un alimentador en frío, un secador, un colector de polvos una unidad de cribas y bandas transportadoras, una tolva alimentadora de compartimientos, un tanque de asfalto y otro de combustible, un calentador de aceite o de gas, una balanza, una bomba de asfalto con motor y un mezclador.

Los agregados básicos para la elaboración de la mezcla asfáltica que generalmente se encuentran almacenados en bancos especiales y de fácil acceso a la planta de tratamiento, son introducidos al alimentador en frío mediante algún equipo auxiliar, que permite de esta manera iniciar el ciclo de trabajo para la elaboración del asfalto.

Una vez que el material, como ya se mencionó, es introducido en el alimentador, se envía por medio de bandas transportadoras al secador con el fin de uniformizar la temperatura, el cual consiste en un horno cilíndrico giratorio que lleva en uno de sus extremos - al quemador de gas o aceite, y en el otro extremo un elevador circular, para que los agregados ya calientes sean dirigidos hacia el -- colector de polvos.

Este último elemento que es otro depósito cilíndrico cuya función es retirar el polvo adherido a los agregados, por medio de la fuerza centrífuga y de aire inyectado a presión.

Posteriormente las cribas que se encargan de clasificar los agregados y de enviarlos por medio de bandas a los compartimientos de la tolva alimentadora, la cual se controla por medio de un medidor automático, que permite depositar sobre su balanza la proporción necesaria de agregados y asfalto en función de su peso.

Finalmente los agregados provenientes de la tolva alimentadora, al igual que el asfalto proporcionado mediante una bomba y a una temperatura elevada, son recibidas por una caja mezcladora que por medio de una serie de espas realiza el mezclado, para que de ahí sea depositada en los camiones que lo distribuyen.

Existen plantas fijas permanentes, fijas desmontables y móviles sobre neumáticos sobre el eje del camino.

El concreto asfáltico deberá transportarse en vehículos con caja metálica, cubierto con una lona que lo preserve del polvo, materias extrañas y de la pérdida de calor durante el trayecto. La superficie interior de la caja deberá estar siempre libre de residuos de concreto asfáltico, para evitar que la mezcla se adhiera a la misma.

El concreto asfáltico deberá tenderse con máquina especial -- para ese trabajo, de propulsión propia, con dispositivos para ajustar el espesor y el ancho de la mezcla tendida y dotada de un sistema que permita la repartición uniforme de la mezcla sin que se presente segregación por tamaños en la misma. Deberá estar dotada de un calefactor en la zona de acabado superficial.

La mezcla deberá vaciarse dentro de la caja receptora de la máquina y ser inmediatamente tendida por ésta, en el espesor y ancho fijados en el proyecto y/o ordenados por SCT. La velocidad de la máquina deberá regularse de manera que el tendido siempre sea uniforme en espesor y acabado. Las juntas de construcción longitudinales, en caso de que el tendido se haga en dos (2) o más fajas, con un intervalo de más de un día entre faja y faja, deberá ligarse de preferencia con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido de la siguiente faja. Las juntas transversales deberán recortarse aproximadamente a cuarenta y cinco grados (45°) antes de iniciar el siguiente tendido y también deberán ligarse con cemento asfáltico o con un material asfáltico de fraguado rápido, antes de proceder al tendido del siguiente tramos. Con la frecuencia necesaria deberá limpiarse la máquina perfectamente para retirar los residuos que hayan quedado.

El concreto asfáltico deberá tenderse a una temperatura mínima de ciento diez grados centígrados (110°C).

e) Compactado de la carpeta asfáltica.

Después de tendido el concreto asfáltico, inmediatamente deberá plancharse uniforme y cuidadosamente por medio de una aplanadora de rodillo liso tipo tándem, adecuada para dar un acomodo inicial a la mezcla; este planchado deberá efectuarse longitudinalmente a -- media rueda. A continuación se compactará el concreto asfáltico utilizando compactadores de llantas neumáticas adecuadas para alcanzar el grado mínimo que fije el proyecto y/o lo ordene la SCT; inmediatamente después se empleará una plancha de rodillo liso para borrar -- las huellas que dejen los compactadores de llantas neumáticas; en el caso de aeropistas la compactación también se hará transversal y diagonalmente al eje de la pista.

Para la compactación, el planchado se hará observando lo siguiente:

- 1) El rodillo liso tipo tándem o el compactador neumático deberá moverse paralelamente al eje, realizando el recorrido de las -- orillas de la carpeta hacia el centro en las tangentes; y del lado -- interior hacia el exterior en las curvas.
- 2) Adicionalmente el recorrido señalado en el párrafo ante-- rior, el equipo deberá pasarse en direcciones perpendiculares y obli-- cuas con respecto al eje de la pista.

La temperatura del concreto asfáltico, al iniciarse el acomodo, deberá ser de cien a ciento diez grados centígrados (100°C-110°C en general, la compactación de la carpeta deberá terminarse a una -- temperatura mínima de setenta grados centígrados (70°C).

En las orillas de la carpeta se formará un chaflán cuya base será igual a vez y media (1.5) el espesor de la carpeta; para ello -- se utilizará concreto asfáltico adicional colocado inmediatamente -- después del tendido, o bien, haciendo los ajustes necesarios en los -- extendedores. El chaflán se compactará con el equipo adecuado.

Cuando se indique, la carpeta terminada se sellará según proyecto y/o lo ordenado por la SCT.

## VI. CONCLUSIONES

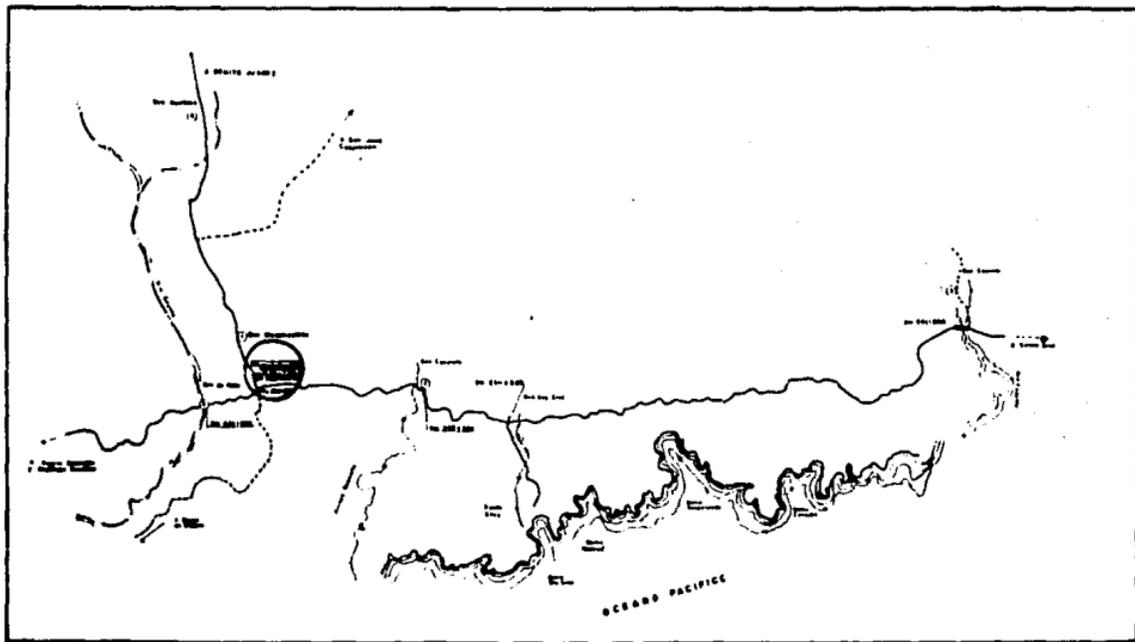
Podemos concluir acerca de este trabajo que para poder llegar al feliz término de la construcción de una Aeropista que en este -- caso es la del Aeropuerto de Bahías de Huatulco, es necesario conocer el lugar y sus características climáticas, las poblaciones cercanas y las vías de comunicación, conocer el proyecto integral del aeropuerto, su forma y dimensiones y las características de las aeronaves a las que dará servicio.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

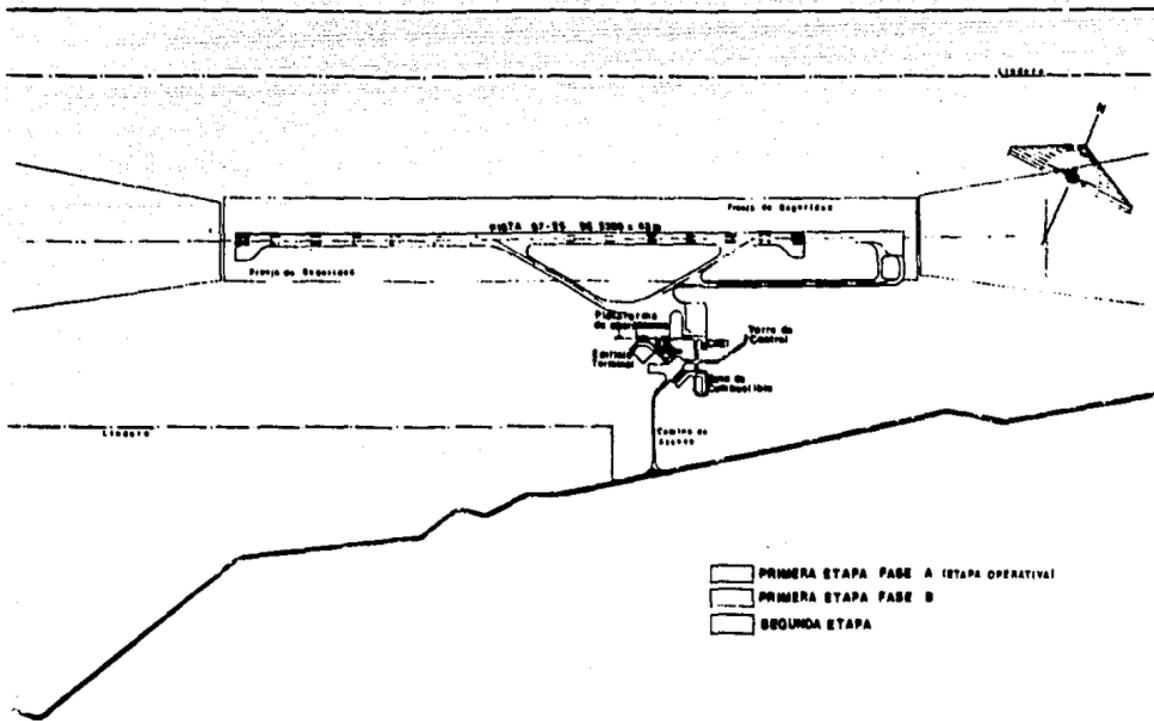
Por otra parte, para programar la construcción de la Aero--pista es necesario conocer las especificaciones del proyecto, los tipos de materiales que nos vamos a encontrar, los volúmenes de la obra, el equipo adecuado para cada uno de los conceptos y el programa para realizarlo en un tiempo determinado.

En este trabajo se han definido los procedimientos constructivos de los conceptos más importantes del proyecto, que son en última instancia la realización de los trabajos de acuerdo a las especificaciones y al proyecto, habiéndose en principio presentado en forma general y sus definiciones.

En fin que de lo que se trata es de realizar los trabajos de la construcción de la Aeropista para que éste tenga la vida útil especificada trabajando de la manera más eficiente y para dar el servicio esperado.



Figura

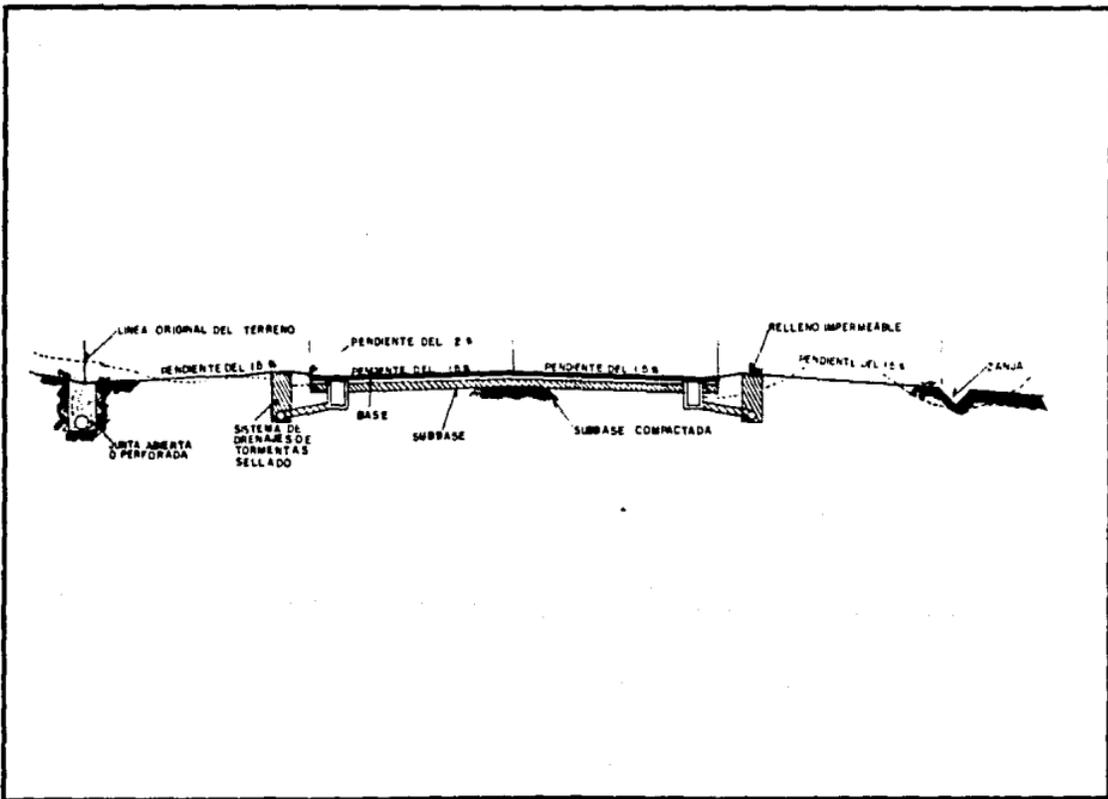


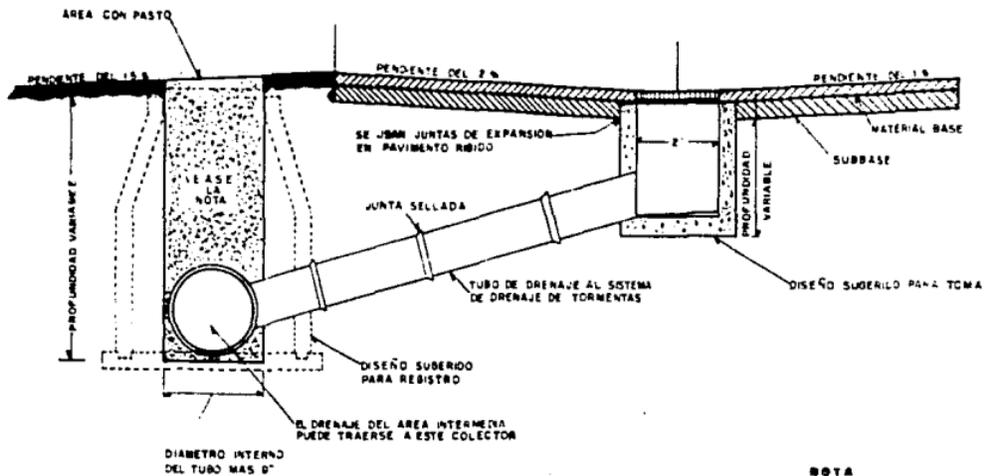
**Plano general  
 desarrollo al año 2000**



Nº DE BANCO	DENOMINACION	LOCALIZACION	CLASIFICACION	CLASIFICACION PRESUPUESTO	DIST DE ACARREO (Km)	TRATAMIENTO	UTILIZACION	MEZCLA APRO PARA SU EMPLEO
1	NACAHUATLLO	Km 2+800 camino a Sta Ma Huastlita	Araso arcilla (SC) de compacto a muy compacto (densidad normalizada)	80 80 00	3.2	compactación	tercerera y cuarta	
							sub-base reforzada	35% con 300 No 3 (1)
2	CACALUTA	Km 248+300 carretera Pintado N Salina Cruz	Araso arcilla (SC) de compacto a muy compacto (densidad normalizada)	80 80 00	8.0	compactación	tercerera	
3	COPALITA	Km 281+907 carretera Pintado N Salina Cruz 4rd 16 km aguas arriba	Araso y gravilla (SP) con 40% de arena (Módulo de 30 cm)	80 40 00	24.6	fractura parcial	40%	
						1cm esp 30 mm (1/2")	sub-base o base (cemento)	55% con 300 No 1 (1)
						1cm esp 25.4mm (1")	concreto hidráulico	
4	HUATULCO	Km 15+400 camino a B Agrícola Sta Ma Huastlita	Capa normalizada (C1) y fracturada poco impermeabilizada con arena (C1) 64.8% arena	00 00 100	15.7	filtración total		
						1cm esp 30 mm (1/2")	base	
						1cm esp 10 mm (3/4") y revoco	concreto asfáltico	53% de cemento asfáltico No 2 (1)
5	STA CRUZ	Km 0+700 de la carretera a la B de Sta Cruz	Araso de gravilla (SP-SC) con poca grava avilla	00 00 00	16.0	crudo		
						1cm esp No 4	grava para concreto	
						1cm esp No 8	molera asfáltica	33% con emulsión asfáltica NL-3 (1)
6	RIO COYULA	Km 233+800 carretera Pintado N Salina Cruz	Araso		5.3	ninguna	Compactación y concreto hidráulico	

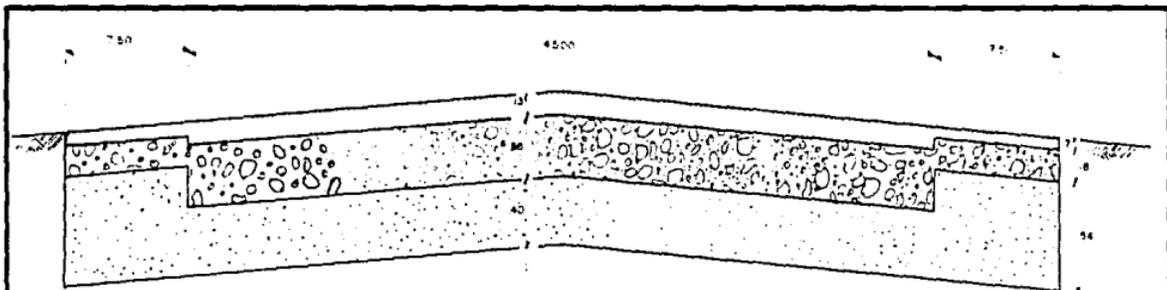
Origen Km 236+300 de la carretera Pintado Huastlita - Salina Cruz (Cruce Sta Ma Huastlita)  
 Dos bancas al Km 0+000 de la pista  
 Origen Km 250+ " " " la carretera Pintado Huastlita - Salina Cruz (Cruce Sta Cruz)  
 (1) proporción volumétrica respecto al material patón  
 (2) proporción de peso





**NOTA**

RELLENO CON MATERIAL  
 EXTRAIDO DE LA TRINCHERA  
 EL MATERIAL DEBE ESTAR  
 BIEN COMPACTADO



CABECERAS Y PISTA 07-25



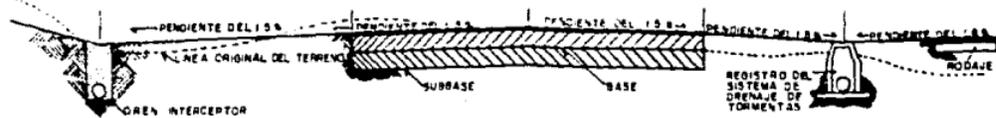
Capa de base hidráulica compactada al 100% respecto a la prueba AASHTO modificada. Agregados pedregos con tamaño máximo de 38mm (1 1/2") procedentes del Banco "Nuefalco".



Capa de concreto compactada al 100% respecto a la prueba AASHTO estándar. Materiales provenientes del Banco "Manstrucado". El espesor en terraplenes será de 40cm y en cortes de 30cm.



Capa de concreto compactada al 100% respecto a la prueba AASHTO modificada. Agregados pedregos con tamaño máximo de 38mm (1 1/2") procedentes del Banco "Nuefalco".



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

- 1.- Plan Maestro del Aeropuerto Internacional de Bahías de Huatulco, Oax.
- 2.- Especificaciones generales de construcción. Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas.
- 3.- Manual del Ingeniero Civil. Mac Graw Hill.
- 4.- Mecánica de suelos. Juárez Badillo Rico.
- 5.- Proyecto de pavimentos Aeropuerto Internacional de Bahías de Huatulco. Geotec, S.A.
- 6.- Normas técnicas. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.