



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

## ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"

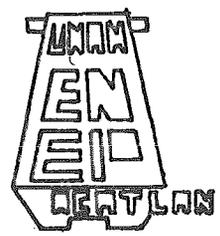
CONSTRUCCION DE PISTA, CALLES DE RODAJE,  
PLATAFORMA DE OPERACIONES Y CAMINO  
DE ACCESO DEL NUEVO AEROPUERTO DE  
AGUASCALIENTES, AGS. ACATLAN

*N. C.  
7527928-1*



**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**I N G E N I E R O C I V I L**  
P R E S E N T A :  
**JUAN CARLOS ALVARADO JIMENEZ**

*M-0028716*



Santa Cruz, Acatlán, Méx

1985



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

	I N D I C E	PAG.
	INTRODUCCION.	
I	ANTECEDENTES GENERALES.	5
II	PROYECTO GEOMETRICO.	15
	PARAMETROS DE PROYECTO.	19
	PLAN MAESTRO.	28
III	ESTUDIO GEOTECNICO.	44
IV	CALIDAD, DISEÑO Y CONTROL DE TERRACERIAS Y PAVIMENTO.	68
V	PROCESO CONSTRUCTIVO.	97
	CONCLUSIONES.	
	BIBLIOGRAFIA.	

## I N T R O D U C C I O N

La elección de este tema como trabajo de tesis es la de saber y mencionar las diferentes fases que se siguen para alcanzar el objetivo fundamental en una Obra de este tipo, el cual es satisfacer las necesidades del público en cuanto a un transporte más rápido.

Desde el punto de vista técnico puede decirse que la construcción de un Aeropuerto es una de las construcciones más completas, ya que en ella intervienen diferentes áreas de la Ingeniería Civil y a continuación mencionamos algunas: Topografía, Hidrología, Geotécnica, Movimiento de Tierras, también se deben tener conocimientos de estructuras de concreto, y algunas otras, también interviene la Ingeniería Electromecánica.

Como podrá observarse el tema es extenso por lo que para su proyecto y construcción se divide en Proyecto y Construcción de Obra Civil, Obra Arquitectónica y de Obra Electromecánica.

Por lo anterior, en esta tesis nos referiremos en lo que respecta a la Construcción de la Obra Civil, es decir a la construcción de las zonas o áreas de maniobra de las aeronaves; Pista, Calles de Rodaje y Plataforma (de Operación y de Avionetas), mencionando en forma breve las fases que deben de seguirse para llevar a buen término la construcción del Aeropuerto en esta primera etapa.

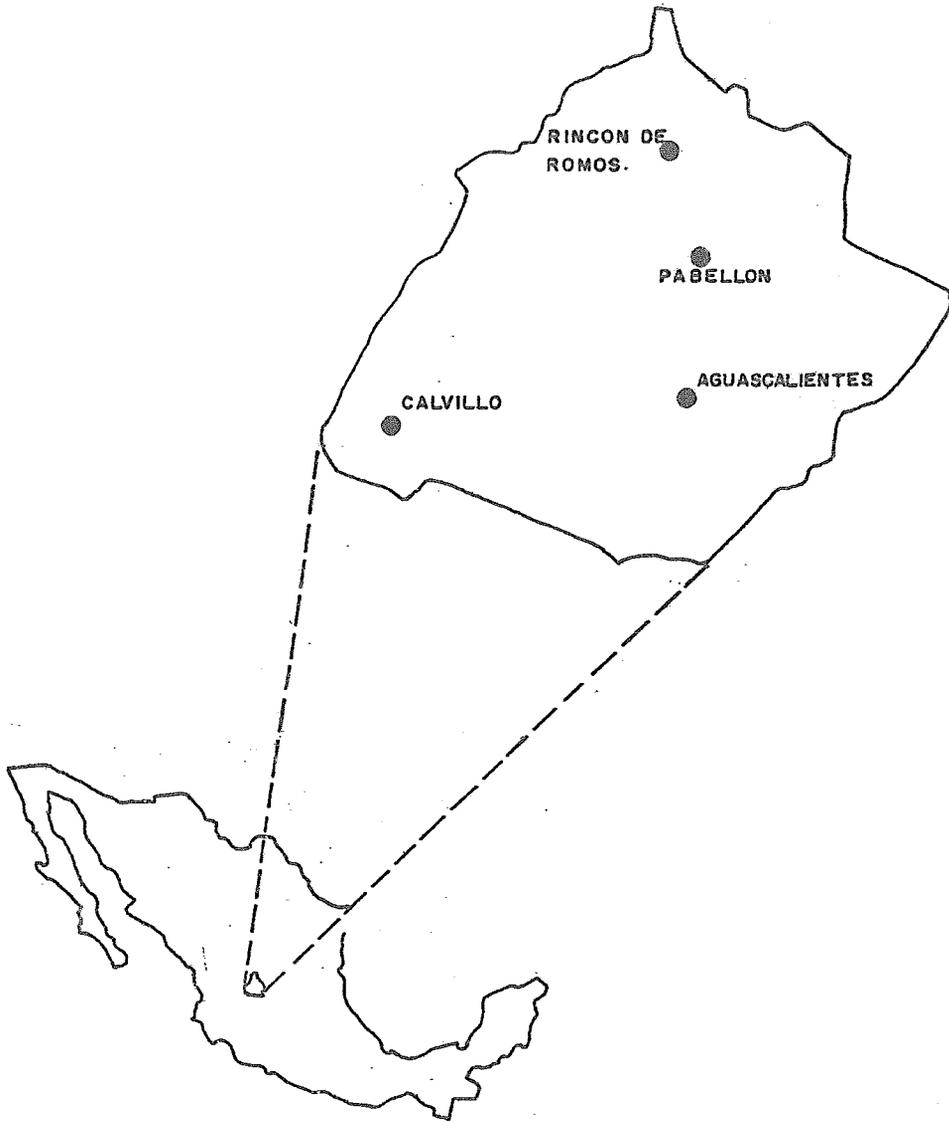
Como un Aeropuerto es una Obra Federal se hace necesario tener conocimientos de las especificaciones con las cuales se debe de cumplir, ya que la construcción de éste tipo de Obras se rigen por especificaciones que implanta cada dependencia -

.federal, en éste trabajo se hace mención de alguna de estas -  
especificaciones en cuanto a Obra Civil.

CAPITULO I

ANTECEDENTES GENERALES.

ESTADO DE  
AGUASCALIENTES



MARCO DE REFERENCIA DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES.

## ANTECEDENTES GENERALES.

La Ciudad de Aguascalientes forma parte del sistema urbano - Nacional dentro de la zona del Bajío en la que se ubican: -- León, Aguascalientes, Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro e Irapuato. Corresponde a León la función de Ciudad con ser vicios regionales, como puede observarse en la figura 1.1.

La dinámica demográfica del Estado de Aguascalientes, mostró en la década 1960-1970 el mismo ritmo de crecimiento que el país, con una tasa media anual de 3.4%.

Según los datos censales, la Entidad, contaba en 1960 con -- poco más de 243 mil habitantes, cifra que en 1970 aumentó a 338 mil y en 1978 llegó a 447 mil habitantes aproximadamente.

El crecimiento de la población del Estado, debió ser sen siblemente superior al Nacional en el decenio 1960-1970 ya que la tasa de natalidad llegó a ser en la Entidad de 50.2 por cada mil habitantes, mientras que en el país fué de 43.9. La tasa de mortalidad en el Estado fué sin embargo, igual a la del país, esto es 9.0 por cada mil habitantes.

Por lo que respecta a la distribución de la población, el Es tado presenta características similares a las del contexto - Nacional, esto es concentración y dispersión. La Ciudad Capital concentra en 1978, aproximadamente 243 mil habitantes-- lo que representa el 54.5% de la población total del Estado.

Por otro lado la agricultura representa uno de los factores-- fundamentales de su economía. Que constituye la fuente de - ingresos de más de la tercera parte de la población y parti-



FIGURA N. I.I  
CIUDADES QUE INTEGRAN LA ZONA DEL BAJIO.

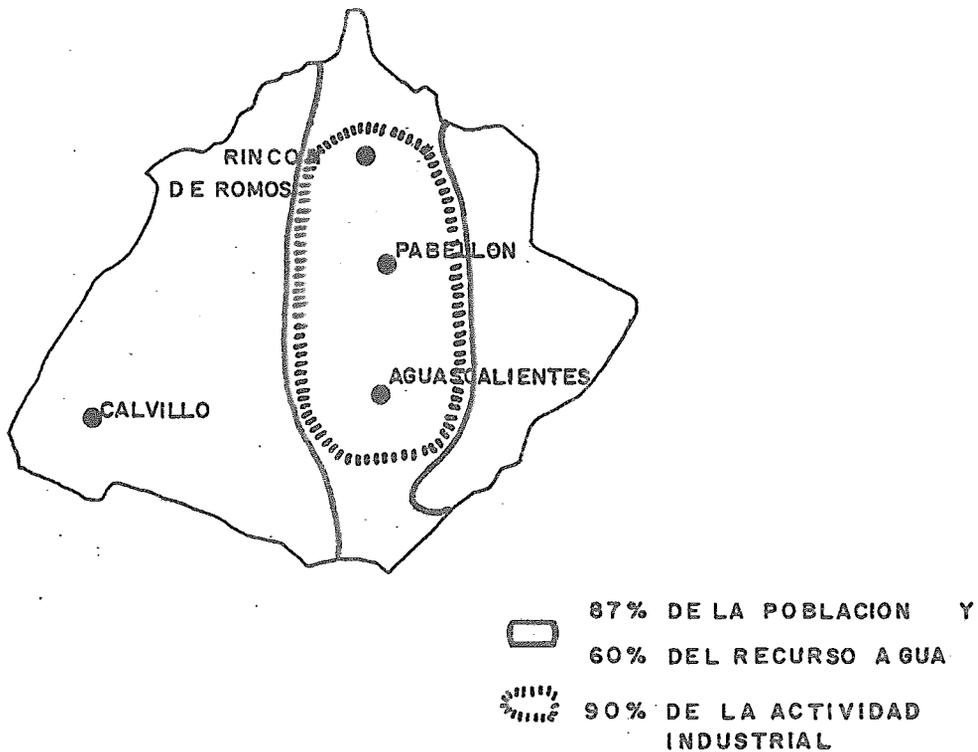
cipa con más del 16% del producto interno bruto de la Entidad; como ejemplo se puede mencionar que a nivel nacional, Aguascalientes se presenta como el primer productor de guayaba, segundo productor de vid y tercer productor de durazno y chile seco.

Los recursos hidrológicos, en el Estado son limitados, la mayor disponibilidad se localiza en los Valles de Aguascalientes y Calvillo. Es en esta zona donde se encuentran los suelos de riego más productivos.

Sin embargo por la concentración de población en ésta área y en parte debido a la carencia de planeación del desarrollo urbano, las Ciudades han crecido precisamente sobre las áreas agrícolas en obvio detrimento de su desarrollo natural.

El sector industrial en el Estado se encuentra en un período de incipiente desarrollo con cierto grado de diversificación en el que destacan por orden de importancia, la industria del vestido, la industria automotriz, elaboración de bebidas fermentadas y preparación y conserva de carnes. Al respecto es importante mencionar que el 95% de la actividad industrial se concentra en el Municipio de Aguascalientes, esto se muestra en la figura 1.2.

En cuanto al sector de servicios es el de mayor peso relativo en el Estado, ya que engloba, según datos de 1970, al 42% de la población económicamente activa, cifra que indudablemente encubre un elevado índice de desempleo y que no obstante su baja productividad, presiona sobre la demanda de servicios urbanos. Dentro de este sector, la actividad comercial es alta, ya que participa con un poco más del 30% de



DISTRIBUCION DE LA POBLACION, DE LOS  
RECURSOS Y DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL.

FIGURA N.I.2

producto bruto estatal.

La infraestructura de los niveles rural, básico y medio presenta falta de complementaridad y desequilibrio en relación a los índices de dotación en localidades de igual jerarquía, por lo que se considera al sistema estatal parcialmente estructurado.

La infraestructura del sistema estatal se complementa con el aprovisionamiento para la salud, educación, comercio y abastos de las localidades que integran el sistema urbano del Bajío, observándose así mismo, una dependencia respecto a las Ciudades de México y Guadalajara, principalmente en lo relativo a la educación superior y la salud.

En caso de que continuen las actuales tendencias de crecimiento demográfico y los flujos migratorios, el Estado tendrá en el año 2000 cerca de 900 000 mil habitantes.

En el aspecto industrial, se prevee un incremento gradual para la generación de empleo, aunque continuará inferior a la demanda.

Dentro del Programa de Sistemas de Enlace Interurbano, se conciernen las acciones federales y estatales, en cuanto a la construcción de carreteras, de acuerdo a los objetivos, metas y políticas del Plan.

Dentro de este rubro, el Plan Estatal propone 175 kms. de carreteras pavimentadas y 20 kms. de terracerías, dentro del corto plazo.

En cuanto a comunicaciones aéreas y con el propósito entre -

otros, de que la Ciudad de Aguascalientes se integre por esta vía al resto del País y considerando que la Ciudad constituye un importante centro industrial, se propone la construcción en el corto plazo de un aeropuerto para turboreactores de mediano alcance. Considerando que la zona de influencia de un aeropuerto es la región que requiere de éste para un rápido y seguro desplazamiento de un lugar a otro, considerando que cada vía de comunicación deriva un beneficio económico para los habitantes de un territorio dependiendo para que tipo de tráfico se determina en relación a su origen o destino.

Por último, en relación con los servicios de comunicación, se propone que en el corto plazo, se dote de servicios telefónicos a los centros de población de Cosío, San Francisco de los Romos, Calvillito, Palo Alto, Ojo Caliente y Malpasode acuerdo a los niveles de servicio definidos para el sistema de Ciudades.

Además se puede observar en la figura 1.3 que corresponde al sistema de enlace para el año 2000 por carreteras, que el Estado de Aguascalientes tiende a convertirse en una Ciudad con servicios regionales, dada su situación geográfica, por lo que su zona de influencia se amplía con respecto a las otras Ciudades de la zona del Bajío con lo cual la importancia del Estado será de gran consideración.

Por lo que la construcción del Aeropuerto de Aguascalientes fue planeada de acuerdo al programa que ha delineado el Gobierno Federal a partir de 1980, por medio de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, tomando en cuenta que México es un país de vasta extensión territorial y vujan

SISTEMA DE ENLACE AÑO 2000

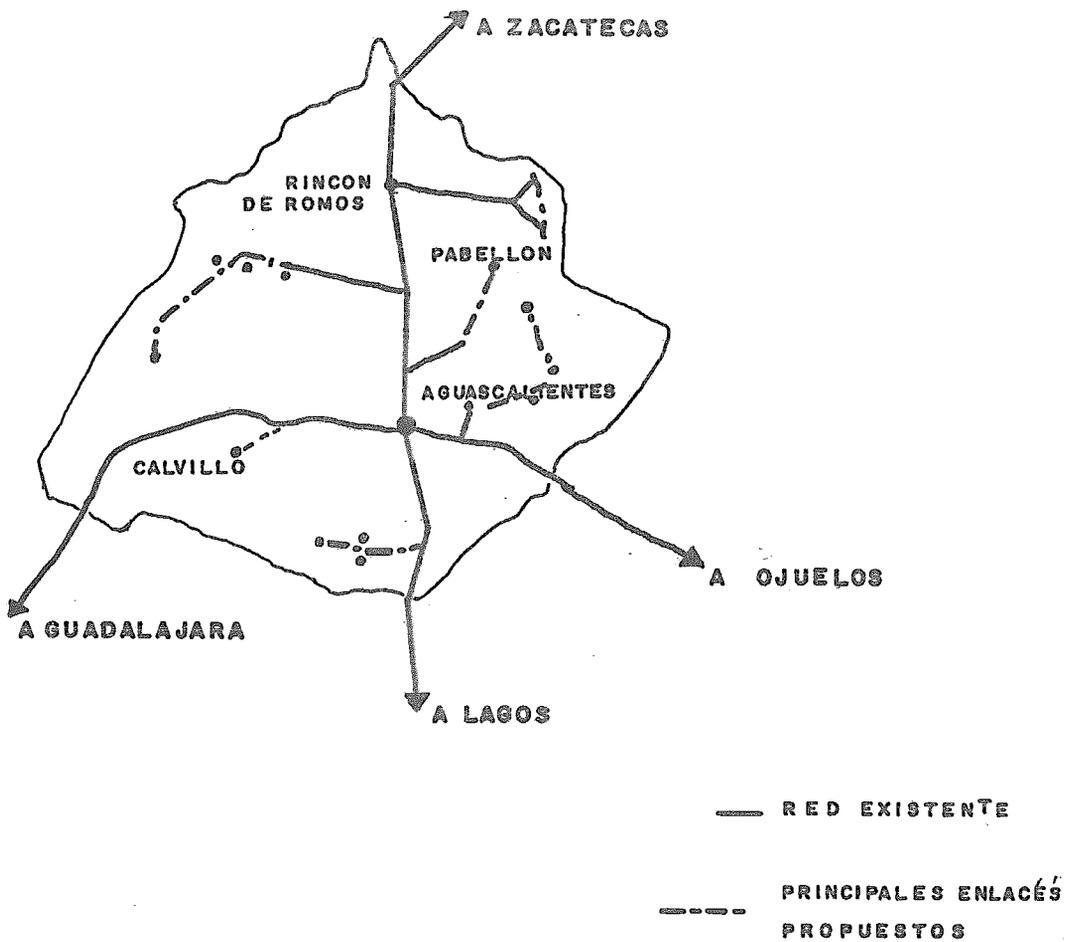


FIGURA N. I.3

SISTEMA DE ENLACE CARRETERO PARA EL AÑO 2000.

te economía que requiere para su desarrollo de una adecuada infraestructura aeroportuaria de acuerdo con las necesidades de cada una de las regiones del país, considerando que el objetivo fundamental de un país en desarrollo debe ser el que sus aeropuertos no siendo rentables no se incurran en gastos innecesarios en la construcción de instalaciones que fueran sub-utilizadas. También se toma en cuenta dentro del objetivo fundamental de un país en desarrollo el que todos sus aeropuertos cubran las necesidades de dichas regiones, por lo que el análisis de los aeropuertos establece dentro de una de sus premisas el equilibrio entre la inversión y el grado de utilización de las instalaciones aeroportuarias.

Los análisis que la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas realiza sobre el particular establecen inicialmente el tipo y volumen de actividad aeronáutica de cada región, para determinar el equipo de vuelo que se utilizaría y la demanda potencial.

Para tal efecto, se realizan estudios de factibilidad en los que además de determinar los beneficios que la comunidad puede obtener en forma indirecta con la existencia del aeropuerto en términos de mayor producción, turismo, empleo, etc., se determina el número de viajes generados y el equipo necesario para satisfacerlos, lo que se compara con la disponibilidad y previsiones que en materia de equipo de vuelo tengan las empresas aéreas con objeto de verificar si el aeropuerto podrá ser explotado comercialmente, ya que la localidad cuenta con un aeropuerto tipo regional, es decir únicamente pueden operar aviones pequeños con capacidad de 12 pasajeros como máximo y cuyas características generales del aeropuerto actual se enuncian a continuación:

Una pista con longitud de 1500 m. y 30 m. de ancho.

Calle de Rodaje de 75 m. X 23 m. de ancho.

Plataforma de maniobras de 135 m. X 45 m.

Todos estos elementos pavimentados con carpeta de mezcla asfáltica elaborada en el lugar.

También cuenta con una zona de hangares para avionetas y zona de combustibles.

Lo anterior se puede observar en la figura 1.4 así como su localización.

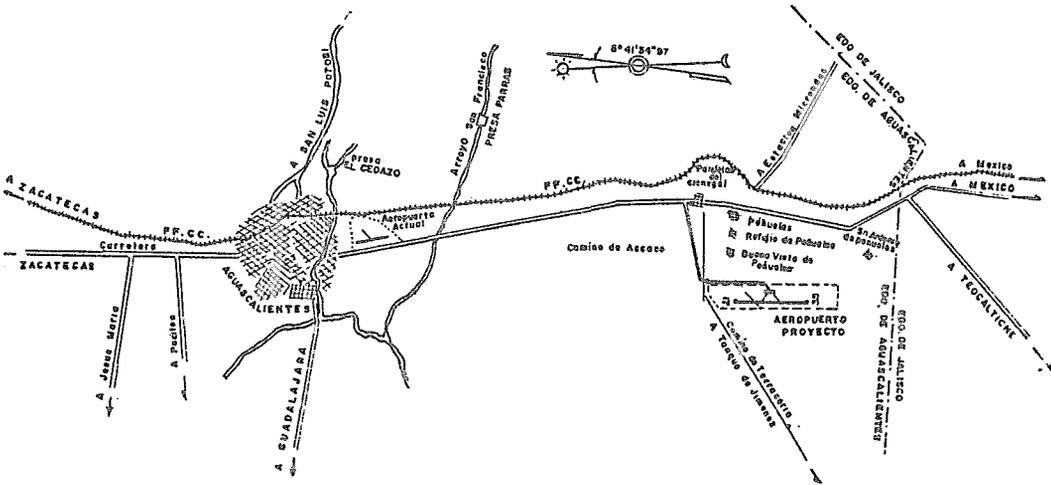
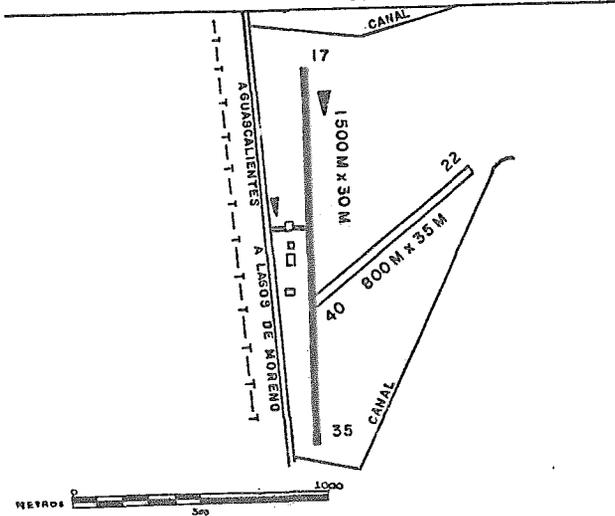
Como observación diremos que para los aeropuertos se realizan estimaciones de volúmenes de actividad en los plazos corto, medio y largo, las estimaciones a largo plazo son utilizadas para determinar fundamentalmente las previsiones que deben de hacerse por cuanto a disponibilidad de terrenos. Las estimaciones a corto y medio plazo se utilizan para el dimensionamiento y diseño de las instalaciones.

Fig No 1.4

AGUASCALIENTES, AGS.

AEROPUERTO

ELEV. 1890 M 21° 51' N 102° 17' W  
6201'



CAPITULO II

PROYECTO GEOMETRICO.

PROYECTO GEOMETRICO.

El proyecto geométrico comprende la discusión de las dimensiones de los elementos que conformarán la obra y de sus combinaciones, éstas estarán en función del tipo de aparato para el cual se va a proyectar, en este caso es un B-727-200, ya que tienen que cumplir con un mínimo de requisitos de proyecto.

Es muy frecuente la idea de comenzar lo antes posible con mengua del tiempo necesario para la realización del proyecto, entendiéndose que bastará un estudio somero y que a medida que se construya se irán resolviendo dificultades y haciendo los planos definitivos, de los que se dispondrá hasta que la obra este casi terminada. Ya que la realización de la construcción estará en función del presupuesto que se disponga.

Lo anterior no es correcto ya que no sería posible conocer el sitio o área donde se construiría determinado elemento, y tampoco su costo para hacer un presupuesto acertado, y esto induciría a no contar con los recursos necesarios en el momento oportuno.

Para el proyecto del Aeropuerto de Aguascalientes, se obtuvieron datos del Aeropuerto existente, los cuales fueron utilizados para la planeación del nuevo aeropuerto.

También fué necesario establecer el crecimiento que tendrá el aeropuerto, mediante el análisis de factores que dependen de las razones por las cuales se pretendió su construcción.

Con las condiciones anteriores las personas encargadas del proyecto tienen que planear una obra de acuerdo a los parámetros

tros de proyecto para absorber el crecimiento que por lo general es explosivo con el consecuente incremento en la inversión o bien para evitar mayor inversión dejar la obra más reducida, con el riesgo de que al poco tiempo de estar en servicio requiera ampliaciones, por lo que el criterio a seguir queda marcado por los parámetros de proyecto, que si fueron precisos no habrá una proyección errónea y si acertada.

A continuación se da una clasificación que tiene la OACI para ubicar los aeropuertos según sus dimensiones de pista.

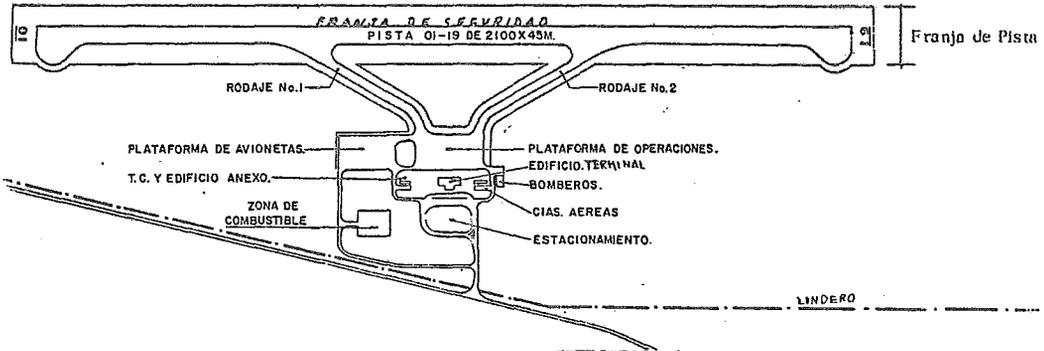
Letra de clave.	Longitud básica de Pista.	Ancho de la Pista.
A	desde 2100 m. en adelante.	45 m.
B	desde 1500 m. hasta (exclusive) 2100 m.	45 m.
C	desde 900 m. hasta (exclusive) 1500 m.	30 m.
D	desde 750 m. hasta (exclusive) 900 m.	23 m.
E	desde 600 m. hasta (exclusive) 750 m.	18 m.

La letra A es la que le corresponde al Aeropuerto de proyecto.

Para tener una idea de los componentes del Aeropuerto que se están mencionando en este trabajo, se dará una definición de estos y su ubicación se observa en el siguiente dibujo, que engloba:

O.A.C.I.: Organización de Aviación Civil Internacional.

## AERODROMO



### UBICACION DE LOS ELEMENTOS DE UN AEROPUERTO

Aerodromo: área definida de tierra (que incluye todas sus -- edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o -- parcialmente a la llegada, salida y movimientos en superfi-- cie de aeronaves.

Franja de pista: una superficie definida que comprende la -- pista y la zona de parada si la hubiese destinada a:

- a) reducir el riesgo de daños a las aeronaves que se salgan de la pista.
- b) proteger a las aeronaves que sobrevuelan la pista durante las operaciones de despegue o aterrizaje.

Pista principal: pista que se utiliza con preferencia a -- otras siempre que las condiciones lo permitan.

Al determinar la longitud de pista que ha de proporcionarse,

es necesario considerar tanto los requisitos de despegue como aterrizaje, así como la necesidad de efectos de operaciones en ambos sentidos de la pista.

Estos efectos se refieren a vuelos frustrados, o falla de frenos al aterrizar.

Plataforma: Área definida en un aeródromo terrestre destinado a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, reaprovisionamiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

Calle de Rodaje: Vía definida en un aeródromo terrestre escogida o preparada para el tránsito de las aeronaves entre la (s) pista y plataforma (s).

Cuando se elija el emplazamiento de una nueva pista de vuelo por instrumentos es necesario prestar especial atención a las áreas sobre las cuales deben volar los aviones cuando siguen procedimientos de aproximación por instrumentación de aproximación frustrada a fin de asegurarse que la presencia de obstáculos situados en estas áreas u otros factores no restrinjan la operación de los aviones a cuyo uso se destina la pista.

## PARAMETROS DE PROYECTO.

Son los parámetros de proyecto los que nos marcan la pauta - para el dimensionamiento de las instalaciones que se diseñarán de acuerdo a los resultados obtenidos.

Para la obtención de los parámetros de proyecto con los cuales se elaboró y/o proyectó el Plan Maestro, se obtuvieron estadísticas basadas en mediciones realizadas en el aeropuerto actual.

Las mediciones se realizaron en base a los principios básicos de la demanda los cuales se mencionan a continuación.

- Recopilación de datos estadísticos del tráfico aéreo del aeropuerto actual.
- Análisis de los antecedentes del aeropuerto, como son estadísticas de pasajeros, operaciones y carga.
- Análisis de los picos horarios (si existen: en caso contrario, realizar un estudio de aforos del área terminal, para obtener los picos horarios).
- Población urbana del lugar donde se localiza el aeropuerto.
- Compañías Aéreas que operan en el aeropuerto y la flota de aviones comerciales correspondientes.
- Movimiento comercial, industrial y agropecuario de la zona de influencia.
- Intercambios comerciales con otras zonas de la República y de otros países.

- Influencia turística de la Zona.
- Importancia política de la ciudad con otras ciudades de la República.

Una vez realizadas estas mediciones se procede al cálculo y determinación del valor numérico de los siguientes conceptos:

- 1.- Pasajeros comerciales anuales.
- 2.- Pasajeros comerciales por avión.
- 3.- Operaciones anuales.
- 4.- Posiciones simultáneas de aviones en plataforma.
- 5.- Máximo horario frecuente de pasajeros comerciales.
- 6.- Número de vehículos.

A continuación se da una breve explicación de como se obtuvieron cada uno de los conceptos anteriores:

#### 1.- DEMANDA DE PASAJEROS ANUALES COMERCIALES

El método más utilizado para determinar la curva de mejor ajuste para el pronóstico de pasajeros anuales se conoce con el nombre de "Método de mínimos cuadrados" el cual tiene su base en la siguiente ecuación:

$$Y = a + bX$$

en donde X es la variable independiente, ya que representa y/o se le puede dar el valor para el tiempo en que se quiera saber el número de pasajeros, que es el valor de Y, en los próximos años.

Para obtener los valores de a y b se utilizan las siguientes expresiones:  $a = \frac{(\sum x^2 \sum y) - (\sum x \sum x y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$   $b = \frac{(n \sum x y) - (\sum x \sum y)}{n \sum x y^2 - (\sum x)^2}$

en donde:

n es el número de años en que se realizaron las mediciones.

X es el año en que se realizaron las mediciones y se colocan para el cálculo en forma cronológica.

y es el tráfico ( número de pasajeros ) anual.

Ejemplo ilustrativo.

	x	y	n = 4
1970	0	655	
1971	1	755	
1972	2	874	
1973	<u>3</u>	939	

El cálculo de las constantes a y b, que mejor satisfacen la norma de mínimos cuadrados, se puede medir por medio del índice llamado "Coeficiente de Correlación "r", el cual se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$r = \frac{n \sum x y - (\sum x \sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

El valor de r se acercará a cero si los datos se adaptan mal, y cuando se adapten bien el coeficiente se acercará a + 1 o -1

## 2.- CALCULO DE PASAJEROS POR AVION.

El criterio que se utiliza para el cálculo de pasajeros por avión, consiste en obtener los promedios anuales estadísticos dividiendo pasajeros anuales entre operaciones anuales. Para el pronóstico de pasajeros por avión, se utiliza el coeficiente promedio de llenado del avión que es igual a 0.70 y la evolución de la flota con la frecuencia de utilización de los distintos tipos de aeronaves que operan en el aeropuerto en estudio.

## 3.- CALCULO DE OPERACIONES ANUALES.

Para calcular operaciones anuales se sigue el siguiente procedimiento:

Dividir pasajeros anuales entre pasajeros por avión, los resultados son: Operaciones Anuales.

## 4.- CALCULO DE POSICIONES SIMULTANEAS DE AVIONES COMERCIALES EN LA PLATAFORMA DE OPERACIONES.

El cálculo para posiciones simultáneas de aviones en la Plataforma de Operaciones, se realiza utilizando factores promedios (Pasajeros anuales por posición en plataforma), obtenidos en los aforos realizados por la D.G.A, en varios aeropuertos de la República Mexicana. El cálculo consiste en dividir pasajeros anuales entre el factor para obtener posiciones simultáneas. Esto se observa en el siguiente cuadro.

PRONOSTICOS DE POSICIONES SIMULTANEAS COMERCIALES.

AÑO	FACTOR	POSICION	POBLACION
1980	1/ 37896	2	IB-727-100 10C-9-15
1983	1/ 64100	2	IB-727-100 10C-9-15
1985	1/ 64100	2	IB-727-200 10C-9-30
1990	1/ 80600	3	IB-727-200 20C-9-30
1995	1/95745	4	2B-727-200 20C-9-30
2000	1/ 150298	5	2B-727-200 30C-9-30

NOTA: Los factores usados en el cálculo, corresponden a los promedios obtenidos en varios aeropuertos aforados por la Dirección General de Aeropuertos.

POR EJEM:

$$\frac{\text{Pasajeros anuales comerciales}}{\text{factor}} = \frac{71,404}{37,896} = 1.88 \approx 2 \text{ posiciones}$$

El valor de 71,404 se observa en el cuadro 2.1.

Por posición entendiéndose que serán dos aviones los que podrán hacer uso de la zona de Plataforma de Operaciones a un mismo tiempo. Así para 5 posiciones deberá existir el área necesaria para que 5 aviones la usen a un mismo tiempo.

5.- CALCULO DE OPERACIONES HORARIAS COMERCIALES Y TOTALES - -  
(COMERCIALES + PRIVADAS).

Con el objeto de generalizar el cálculo de operaciones horarias comerciales y totales, se procesaron todos los datos de máximas frecuentes de operaciones horarias obtenidos en los aforos realizados por la Dirección General de Aeropuertos, para obtener las siguientes fórmulas que se utilizaron en el cálculo:

$$Y = 0.0142X^{0.65} \quad \text{Para operaciones horarias comerciales.}$$

$$Y = 0.0128X^{0.7014} \quad \text{Para operaciones horarias totales (comerciales + privadas).}$$

En el que:

X = Operaciones Anuales.

Y = Operaciones Horarias.

POSICIONES SIMULTANEAS DE AVIACION GENERAL.

Para calcular posiciones simultáneas de aviación general, se utilizaron los coeficientes obtenidos con los resultados de los aforos realizados por la Dirección General de Aeropuertos en varios aeropuertos del País.

El procedimiento de cálculo consiste en multiplicar el coeficiente promedio por las operaciones anuales de aviación general.

COEFICIENTES PARA EL CALCULO DE AREAS:

Los coeficientes que se emplean para el cálculo de áreas son:

Visitantes/Pasajero

Automóviles/Pasajero Horario

Visitante/Pasajero.- Para aeropuertos no turísticos el coeficiente varía de 1.00 a 1.50, para aeropuertos turísticos el coeficiente varía de 0.20 a 0.60.

Automóviles/Pasajero Horario = 0.534, corresponde a la media de los coeficientes obtenidos de los aforos realizados por la Dirección General de Aeropuertos, en varios aeropuertos del País.

Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro No 2.1, siguiendo el criterio anterior.

Estos conceptos sirven para determinar la magnitud de los siguientes subsistemas:

- .- Los espacios aéreos requeridos, las facilidades de navegación y la interrelación con otros aeropuertos.
- .- Número y dimensiones de pista, calles de rodaje y plataforma.
- .- Servicios de energía eléctrica, agua potable, alcantarillado y distribución de combustibles para las aeronaves.
- .- Edificio terminal, Torre de Control, Edificio para Oficinas y servicios.
- .- Vías de acceso a zona de carga y descarga de mercancía y -

AEROPUERTO DE AGUASCALIENTES, AGS.

PARAMETROS DE PROYECTO.

CONCEPTO/ETAPAS	1980	1985	1990	1995	2000
Pasajeros anuales comerciales	71,404	132,614	227,750	376,846	623,159
Pasajeros Anuales privados	15,753	27,075	46,533	79,976	137,454
Pasajeros totales	87,157	159,689	274,283	456,822	760,613
Operaciones anuales comerciales	1,298	2,210	3,504	5,308	8,093
Operaciones anuales privadas	5,251	9,025	15,511	26,659	45,818
Operaciones totales	6,549	11,235	19,015	31,967	53,911
	18-727-100	18-727-200	18-727-200	28-727-200	28-727-200
Posiciones simultáneas comerciales	2 10C-9-15	2 10C-9-30	3 20C-9-30	4 20C-9-30	5 30C-9-30
Posiciones simult. aviación general	16	27	46	79	136
Núm. de lugares p/estacionamiento	86	125	175	236	320

26

estacionamiento para vehículos.

Con los parámetros de proyecto que se tienen en el cuadro No. 2.1 se avocan los proyectistas a la elaboración del Plan Maestro, que nos marcará la ubicación de cada elemento con que deberá contar el aeropuerto junto con sus dimensiones.

Nota: todos los cálculos fueron realizados por el Departamento de planeación de la Dirección General de Aeropuertos.

## PLAN MAESTRO.

Su objetivo es preveer el desarrollo futuro de acuerdo a una demanda pronósticada, siendo compatible con el medio ambiente y la comunidad que lo rodea.

Su contenido está basado en el pronóstico de la demanda anual y en las horas de máximo tráfico.

El Plan Maestro debe fijar lugar para cada elemento con su respectivo dimensionamiento geométrico en el cual debe preverse el espacio suficiente para dar cabida al número de instalaciones requeridas al presente o bien adicionales futuras y tomar en cuenta además las ampliaciones necesarias por el advenimiento de nuevos aviones.

Una vez determinados los pronósticos se tendrá que seleccionar un sitio para la construcción del aeropuerto de acuerdo a:

- I.- Tipo de desarrollo en el área cercana.
- II.- Condiciones atmosféricas.
- III.- Accesibilidad al sitio por transporte terrestre.
- IV.- Disponibilidad del área para probable expansión.
- V.- Presencia de otros aeropuertos en el área general.
- VI.- Construcciones circunvecinas.
- VII.- Economía de la construcción.

Algunos de los problemas y/o condiciones planteados podrán ser resueltos y/o le darán solución los estudios técnicos.

Una vez determinados los pronósticos y tipo de avión aunados a la información atmosférica del lugar se puede concluir a grosso modo de acuerdo a las etapas de crecimiento, el área -

general que requiere el aeropuerto.

Con la prevención del espacio para la construcción del edificio de servicio público y zonas para su crecimiento; se consideraron también todos los elementos con los que debe de contar el aeropuerto y ubicarlos en la mejor situación, de manera que constituya un conjunto armónico y eficiente para su funcionamiento.

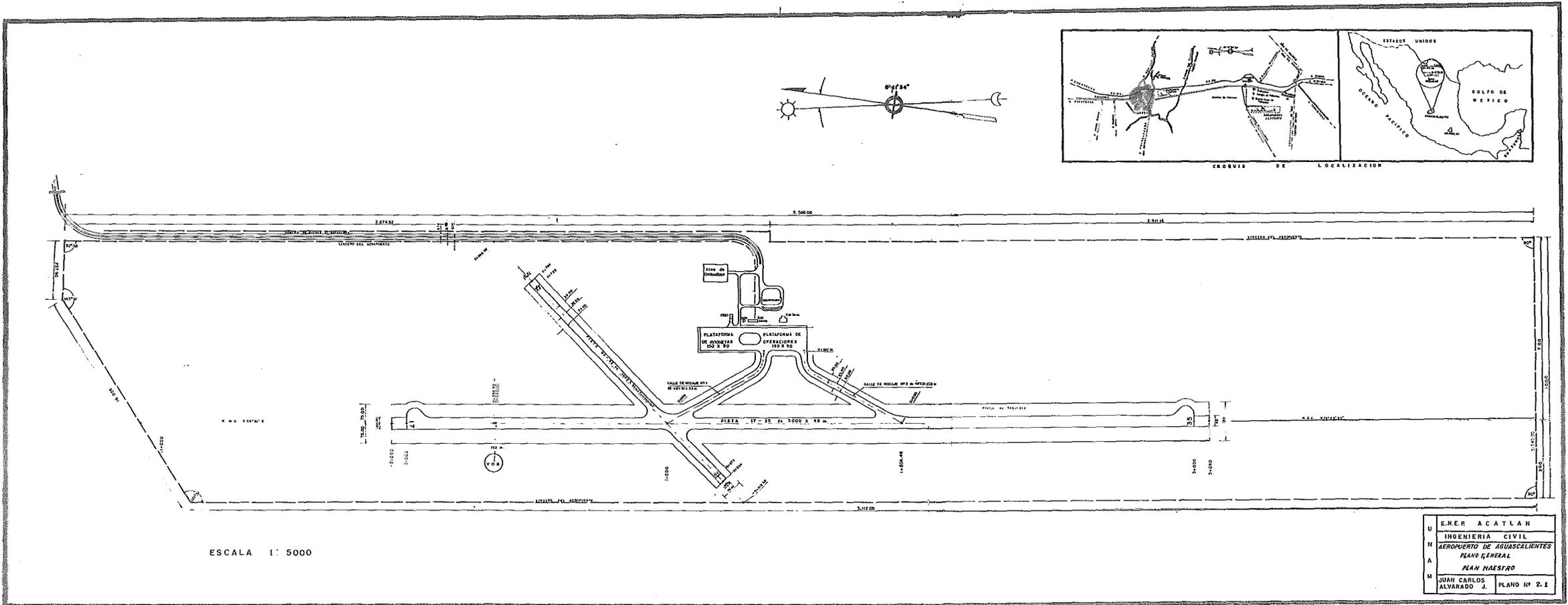
Es posible que en la primera etapa no fuera necesario contar con algunos elementos, como pudiera ser una terminal de carga; pero el análisis de las tendencias deberá precisar si en el futuro será necesario construir una terminal de este tipo, en cuyo caso el Plan Maestro contará con el área para estos fines. En el plano 2.1 se observa el área para el edificio, así como la localización de los demás elementos.

Los proyectos correspondientes deberán estar desarrollados conforme al Plan Maestro, a los parámetros de proyecto, que son los que dan la pauta al proyectista para definir la magnitud de los elementos como son una sala de espera, la superficie de un estacionamiento para automóviles, de la plataforma de operaciones, la de aviación general, etc., los cuales se pueden observar en el plano general 2.1

Los proyectos están considerados dentro de los plazos:

Corto de 1 a 5 años.  
medio de 5 a 10 años.  
largo de 10 a 20 años.

En este caso el aeropuerto está planeado y proyectado para largo plazo, en donde se contempla la construcción de las



ESCALA 1:5000

U	E.M.E.R. ACATLAN
N	INGENIERIA CIVIL
A	AEROPUERTO DE AGUASCALIENTES
M	PLANO GENERAL
M	PLAN MAESTRO
	JUAN CARLOS ALVARADO J. PLANO N° 2.1

instalaciones futuras que no se requieren inmediatamente -- para el funcionamiento del aeropuerto, dado que las inversiones están delineadas dentro del presupuesto que se le designa a este tipo de construcciones por su carácter de federal.

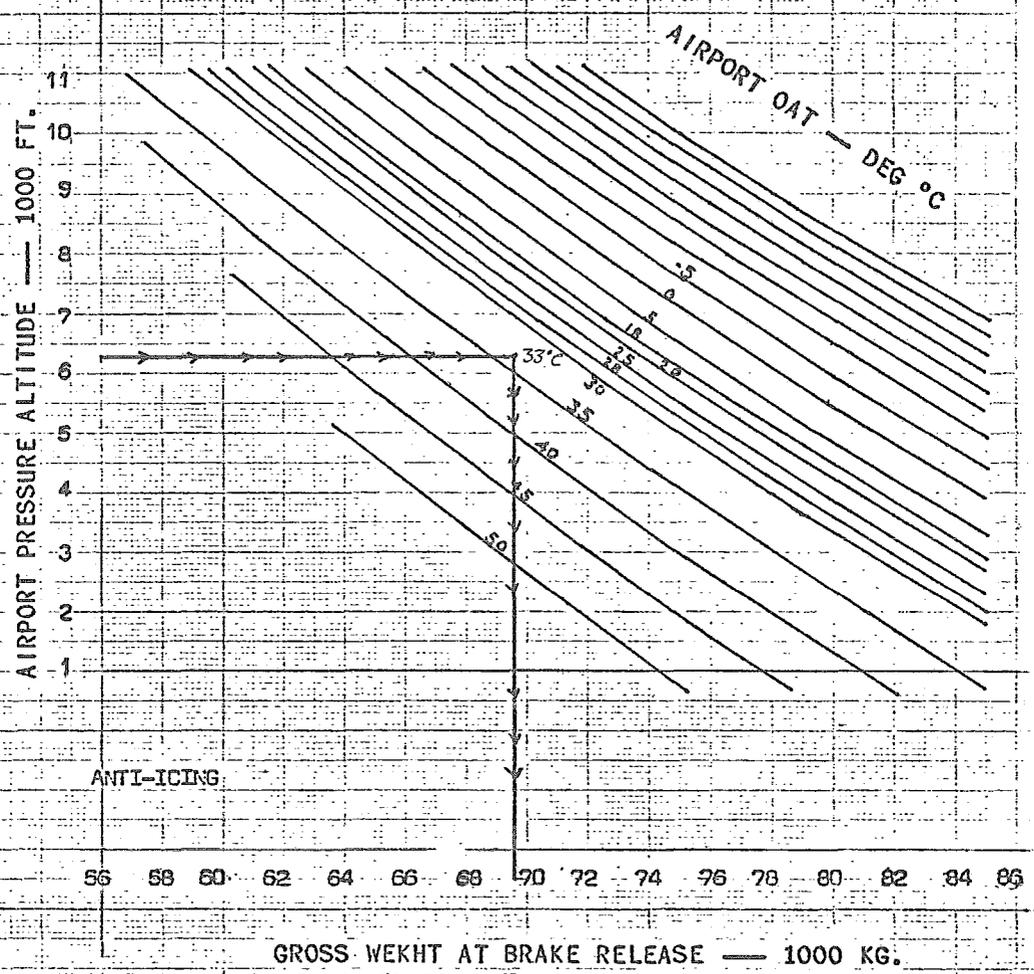
Dentro del Plan Maestro podemos considerar dos etapas: La -- etapa por construir al presente y la etapa futura.

Dentro de la etapa presente podemos considerar dos fases: La fase operativa y la conclusión de esta; la fase operativa -- consiste en la construcción de la Pista Principal, Calle de Rodaje (1), dos tercios de Plataforma de Operaciones, el Edificio anexo Oficinas y Camino de Acceso., la fase conclusión es la terminación de la Calle de Rodaje (2), de la Plataforma de operaciones y estacionamiento.

<u>Construcción y/o instalación.</u>	<u>Presente.</u>	<u>Futura.</u>
Edificios: Terminal.		"
CREI.		"
Anexo Oficinas.		"
Estacionamiento.	"	
Plataforma Aviación General.		"
Plataforma de operaciones.	"	
Rodaje entre plataformas.		"
Calles de Rodaje 1 y 2 .	"	
Pista 17-35	"	
Pista 04-22		"
Camino de Acceso.	"	

La etapa presente es la que se presenta en esta tesis y a -- continuación se da una breve explicación para el dimensiona-

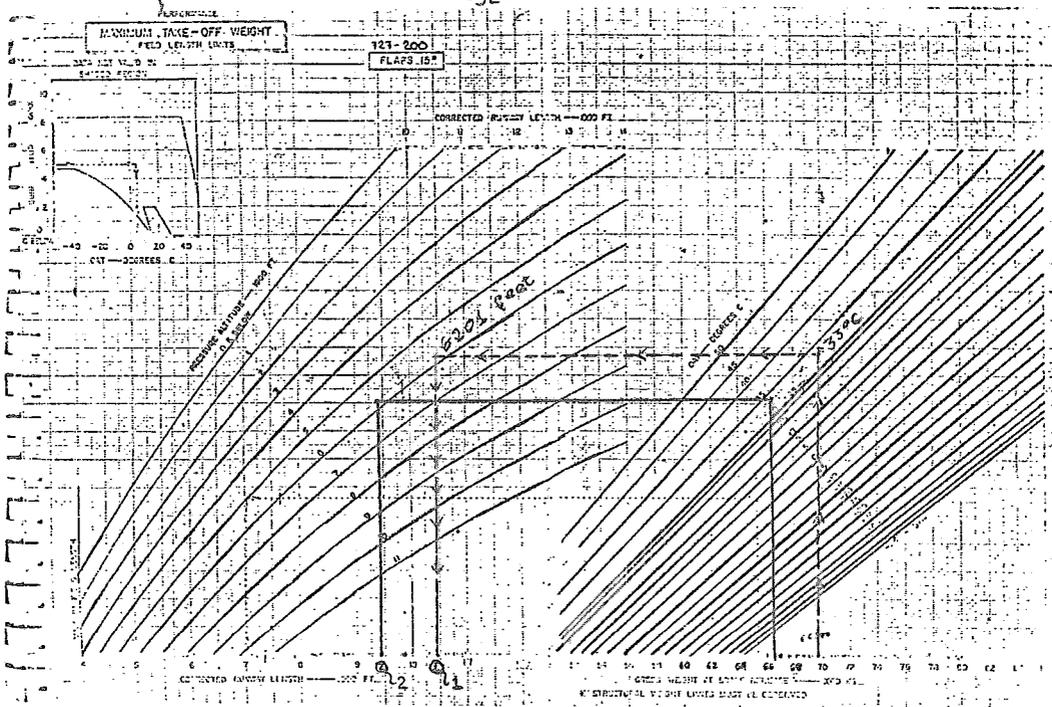
FLAPS 15°



GROSS WEKHT AT BRAKE RELEASE — 1000 KG.

GRAFICA No 2.1

CON EL VALOR DE 6,201 FT. DE ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR SE ENTRA EN LA GRAFICA SOBRE EL EJE DE LAS ORDENADAS; SE TRAZA UNA LINEA HORIZONTAL QUE INTERCEPTE LA LINEA DE LOS 33°C. QUE ES LA TEMPERATURA MEDIA DEL MES MAS CALUROSO Y UNA VEZ HECHA LA INTERCEPCION SE TRAZA UNA LINEA VERTICAL A QUE CRUCE POR EL EJE DE LAS ABCISAS QUE ES EL DE LOS PESOS, Y QUE NOS INDICA QUE A ESA DETERMINADA ALTITUD Y TEMPERATURA PUEDE ATERRIZAR UN AVION, SIN QUE ESTOS FACTORES LE CAUSEN PROBLEMAS, DE DETERMINADO TONELAJE Y QUE EN ESTE CASO SERA DE 69,600 KGS.



GRAFICA No 2.2

Con el valor de 69,600 Kgs. obtenido en la gráfica anterior se entra en esta gráfica sobre el eje que nos indica los pesos y localizado el valor anterior se traza una línea vertical que intercepte la línea de los 33°C. una vez hecho lo anterior se dibuja una línea horizontal desde ese punto hasta cruzar la línea de 6,201 Ft. de altitud. - En el punto de cruce se dibuja una línea vertical a que intercepte el eje que corresponde a las longitudes, de esta manera obtenemos una longitud uno de 3353 mts. ①

Con las observaciones que se dan en la Pág. 36 y siguiendo el mismo planteamiento llegamos a determinar una longitud de 3000 mts. ②

miento de éstos elementos.

Cálculo de longitud de pista;

Esta se puede determinar considerando los incisos siguientes:

- a) Con los requisitos que se imponen a los aviones.
- b) Con la influencia de las condiciones y características propias del lugar.
- c) Con los pesos de operación del avión.

Tomando en cuenta lo anterior y que los parámetros de proyecto nos marcan tres tipos de aviones, tomamos el más crítico, es decir el de mayor peso y que es el B727-200. Consultando su manual obtenemos su carga de despegue.

.- Carga de despegue.....	71,799 Kg.
.- Temperatura media del mes más caluroso.....	33°C.
.- Elevación sobre el nivel del mar .....	6,201 ft.

Como la carga máxima de despegue está limitada por elevación y temperatura, se hace necesario la consulta de la gráfica No. 2.1 que incluye estos efectos y considerando el grado de inclinación de las aletas del avión, para un mejor despegue, que pueden ser de 5°, 15° y 25°, se obtienen los siguientes pesos:

(5°) 72,800 Kg.    (15°) 69,600 Kg.    (25°) 61,900 Kg.

Como el peso que corresponde a los 5° es mayor que el peso del avión se considera el de 71,799 Kg. y el que corresponde

a 15° y 25° son menores se toman estos.

Para determinar la longitud necesaria de pista, se consulta la gráfica No. 2.2 que toma en consideración los efectos -- de elevación y temperatura introduciendo las cargas obteni-- das, con esto se llegó a determinar las siguientes longitu-- des.

- a) Aletas a ( 5°) para 71,799 Kg. 3993 mts.
- b) Aletas a (15°) para 69,900 Kg. 3353 mts.
- c) Aletas a (25°) para 61,900 Kg. 2362 Mts.

Calculo del concepto Peso Combustible Etapa (cuadro N.2.1)

Lo anterior se refiere al recorrido Aguascalientes-México  
datos

velocidad del avión=500 nudos 1 nudo=1.85325 Km/hr.

distancia Ags.-Méx= 292 Millas Nauticas

500 nudos=926.6 Km/hr. que seria la velocidad del avión en el aire.

1 M.N.=1.85325 km. entonces 292 M.N.=541.14 Km.

Si  $V = \frac{d}{t}$  sustituyendo 926.6 Km/hr =  $\frac{541.149 \text{ Km.}}{t}$

$t = 0.584 \text{ hr.} = 35 \text{ min.}$

Si consumo de combustible= 12128 lbs./hr.

en 35 min. consume 7082.752 lbs. = 7 083 lbs.

Para obtener el valor de 4027 lbs. se realiza el mismo procedimiento.

CALCULO DE LONGITUDES DE PISTA

AEROPUERTO DE: AGUASCALIENTES, AGS.  
 ELEVACION (S.N.M.) 6201 TEMPERATURA 33° C.  
 DISTANCIA DEL DESTINO MEXICO 292 M.N.  
 ITINERARIO ALTERNO ACAPULCO 166 M.N.

CARACTERISTICAS DEL AVION

TIPO B727-200  
 VELOCIDAD 500 NUDOS  
 CONSUMO DE COMBUSTIBLE 12,128 Lbs/hr.  
 PESO DE LOS PASAJEROS 31,775 Lbs.  
 PESO CARGA, EXPRES Y CORREO 8,863 Lbs.  
 PESO TOTAL DE LA CARGA PAGABLE 40,638 Lbs. 1  
 PESO MAXIMO DE DESPEGUE (ESTRUCTURAL) 173,000 Lbs.  
 PESO MAXIMO DE ATERRIZAJE (ESTRUCTURAL) 150,000 Lbs.  
 PESO BASICO DE OPERACION 97,400 Lbs. 2

PESO MAXIMO DE DESPEGUE (SEGUNDO SEGMENTO) LIMITADO POR ELEVACION Y TEMPERATURA

ALETAS (5°) 72,800 Kg. ALETAS (15°) 69,600 Kg. ALETAS (25°) 61,900 Kg.

PESO MAXIMO DE DESPEGUE LIMITADO POR LONGITUD DE PISTA

ALETAS (5°) \_\_\_\_\_ ALETAS (15°) 66,572 Kg. ALETAS (25°) \_\_\_\_\_

PESOS (AVION+CARGA+COMBUSTIBLE) PARA EL ITINERARIO INDICADO.

PESO BASICO DE OPERACION + CARGA PAGABLE 138,038 Lbs. 1+2  
 PESO COMBUSTIBLE ETAPA 7 083 Lbs.  
 PESO COMBUSTIBLE ESPERA 75% X 12128 9 096 Lbs.  
 PESO COMBUSTIBLE ALTERNO 4 027 Lbs.  
 PESO TOTAL 158 244 Lbs.

LONGITUDES NECESARIAS DE PISTA

ALETAS ( 5°) 13100 ft. = 3 993 mts.  
 ALETAS (15°) 11000 ft. = 3 353 mts.  
 ALETAS (25°) 7750 ft. = 2 362 mts.  
 RESTRICCIÓN DE LA CARGA PAGABLE = rest < 30%

CUADRO No 2.1

FECHA \_\_\_\_\_

Como se podrá observar la longitud de pista más económica -- es la (c), pero con un peso máximo de despegue mucho menor - que los otros.

Considerando la restricción que imponen las compañías aéreas nacionales para la operación de sus aviones (B727-200), que estos deben operar con un 70% (mínimo) de su carga pagable - (pasajeros). Por lo que si consideramos que:

Peso básico de operación + Peso total de carga pagable =  
138,038 lb.

es decir:

97,400 lb. + 40,638 lb. = 138,038 lb.

Si consideramos un 71% de 40,638 obtendremos

97,400 lb. + 28,853 lb. = 126,253 lb. = 57,387 Kg.

que sumados a las demás cargas que influyen en el peso total nos da un valor de 66,572 Kg. y considerando en las aletas - 15° entramos en la gráfica No. 2.2 y considerando temperatura y elevación obtenemos una longitud de pista de 3000 mts.

Lo anterior se efectúa por el factor económico que es decisivo en este renglón.

La gráfica empleada únicamente considera 15° de las aletas, - para 5° y 25° habría que consultar sus respectivas gráficas - las cuales las proporciona el manual del avión.

Nota: Los pesos y/o cargas que se mencionan se obtienen de - la manera mostrada en el cuadro N. 2.1.

#### CALCULO DE CALLES DE RODAJE.

El ancho de las calles de rodaje para un Boeing 727-200 debe-

ser de 23 mts. debiendo existir 38 mts. mínimo entre la -- orilla de las calles de rodaje y cualquier obstáculo fijo. -- Ya que la OACI recomienda que la parte rectilínea de una calle de rodaje debe tener una anchura no inferior a la indica da en la tabla siguiente:

Letras de clave de la pista más larga servida.	Anchura de la Calle de Rodaje.
A, B	23 m. (75 pies)
C	15 m. (50 pies)
D	10 m. (33 pies)
E	7.5 m. (25 pies)

Lo anterior se recomienda para que al trazarse la calle de rodaje sea de tal manera que cuando el puesto de pilotaje de los aviones para los que está prevista permanezca sobre las señales de eje de dicha calle de rodaje, la distancia libre entre la rueda exterior del tren principal del avión y el -- borde de la calle de rodaje no sea inferior a:

- 4.5 m. (15 pies) cuando la letra de clave de la pista sea --  
A ó B.
- 3 m. (10 pies) cuando la letra de clave de la pista sea C.
- 2.25 m. (7.5 pies) cuando la letra de clave de la pista sea --  
D.
- 1.5 m. ( 5 pies) cuando la letra de clave de la pista sea --  
E.

A continuación se da una clasificación que tiene la OACI para ubicar los aeropuertos según sus dimensiones de pista.

Letra de clave.	Longitud básica de Pista.	Ancho de la Pista.
A	desde 2100 m. en adelante.	45 m.
B	desde 1500 m. hasta (exclusive) 2100 m.	45 m.
C	desde 900 m. hasta (exclusive) 1500 m.	30 m.
D	desde 750 m. hasta (exclusive) 900 m.	23 m.
E	desde 600 m. hasta (exclusive) 750 m.	18 m.

La letra A es la que le corresponde al Aeropuerto de Proyecto.

Los entronques de las Calles de Rodaje con la Pista y/o plataforma deben ser mayores de  $90^{\circ}$  con objeto de facilitar -- el tráfico. Las distancias a que deben de ir las Calles de Rodaje respecto al umbral de la pista más cercana son las siguientes:

Para obtener salida rápida de la Pista a una velocidad de --- 30 millas/hr.

760 mts. para aviones medios con motores de émbolo.

1220 mts. para aviones con turbohélice.

1830 mts. para aviones turborreactores.

Todas las anteriores distancias son aplicables a condiciones ideales o sea el nivel del mar, temperatura de  $15^{\circ}\text{C}$ . y una presión de 760 mm. de Hg. o sea 1 atm. y cuando no se dispone de una Calle de Rodaje en los extremos de la pista.

Pero para otras condiciones se harán los siguientes correcciones utilizando la siguiente fórmula.

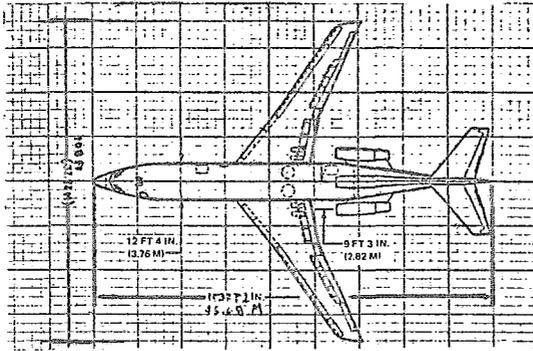


Fig. No 2.1 Dimensiones del avión B-727-200

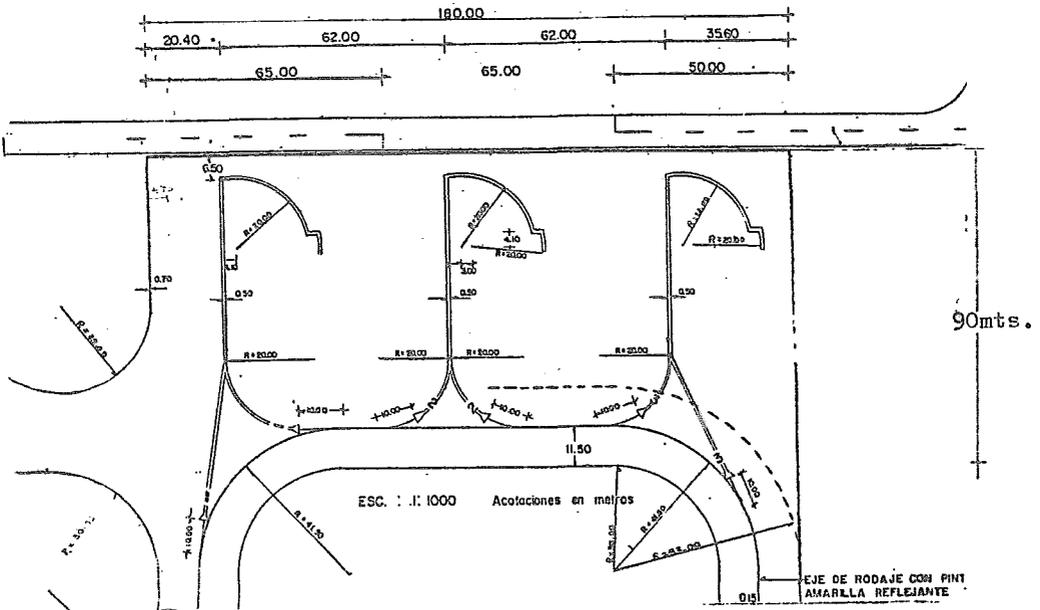


Fig. No 2.2 posiciones de los aviones en plataforma

$$D = (d + s) \frac{760}{p} \frac{(273.2 + t)}{288.2} - s$$

donde:

d = distancia al umbral en condiciones ideales según el caso.

s = 200 para aviones de émbolo ó turbohélice y 150 turbo-  
reactores.

p = presión atmosférica tipo al nivel del aeropuerto en mm.  
de Hg.

t = temperatura media del mes más caluroso en C°.

Aplicando la fórmula al presente caso se llega a obtener un  
valor de D = 1160 mts.

Lo anterior se puede observar en el Plano General 2.1

#### CALCULO DE PLATAFORMA DE OPERACIONES.

El tamaño de la plataforma depende de tres factores:

- .- El número de lugares para aeronaves.
- .- El tamaño de éstos lugares.
- .- La forma en que se estacionarán las aeronaves con respecto al Edificio Terminal.

Esta fué diseñada de acuerdo a las tres posiciones simultáneas actuales y al tamaño de los lugares. El tamaño de es-

tos lugares para estacionarse las aeronaves dependen del tamaño de éstas, la envergadura del avión más grande determina -- las dimensiones de maniobras que se efectúan en la plataforma en este caso fué el Boeing 727-200. La separación entre aeronaves la determina la OACI., y que es de 10.50 mts. mínimo entre uno y otro. Las dimensiones del avión son las mostradas en la figura 2.1 y su distribución en plataforma se muestra -- en la figura 2.2 considerando que el avión para dar una vuelta de  $180^{\circ}$  necesita un espacio mínimo de 47.6 mts.

### ESTACIONAMIENTO.

En este caso se proyectó uno para todo tipo de usuario, sin -- embargo para su construcción se piensa primeramente en el fácil acceso del pasajero hacia el Edificio Terminal.

Existen varias formas para el diseño de un estacionamiento -- como son:

- .- con ángulo de  $45^{\circ}$ .
- .- con ángulo de  $30^{\circ}$ .
- .- estacionamiento paralelo.

El estacionamiento se proyectó con lugares de  $45^{\circ}$ , tomando de base que esta colocación permite un rápido maniobrar al estacionarse o retirarse.

Como regla general un cajón para un automóvil debe de ser -- 2.5 m. ( 7.5 ft. ) de ancho por 5.5 m. (18 ft) de largo, dejándose pasillos de 8.84 m. ( 29 ft) para un fácil movimiento, ya que se prevee una demanda de 320 lugares como máximo, en -- el año 2000.

## GAMINO DE ACCESO.

Para el dimensionamiento del ancho del camino de acceso se -- tomó en consideración el tipo de tránsito que circulará dicha vía, su velocidad y densidad, en este caso será automóvil el cual podrá desarrollar una velocidad máxima de 80 Km/hr.

Como la densidad del tránsito en el año 2000 será de 320 au-- tos en un máximo horario para el estacionamiento, se toma -- este dato para el camino de acceso, tomando el criterio para-- proyectarlo como el de un camino vecinal especial ya que la -- definición de este nos dice que se denominan caminos vecina-- les: aquellos que van de un poblado a otro; los que unen un -- poblado con un punto cualquiera de una vía de comunicación; -- también son afluentes y ramales de los ferrocarriles, de las-- rutas aéreas, de las marítimas y de las fluviales.

Tomando en consideración lo anterior se toman en cuenta las -- siguientes especificaciones en el dimensionamiento, conside-- rando que son las mínimas recomendables ya que siempre que -- sea posible se diseñará una sección más ancha, buscando como-- meta alcanzar acotamientos de ancho suficiente para alojar -- un vehículo estacionado fuera del carril de circulación. Pa-- ra un tipo de camino vecinal especial se tiene:

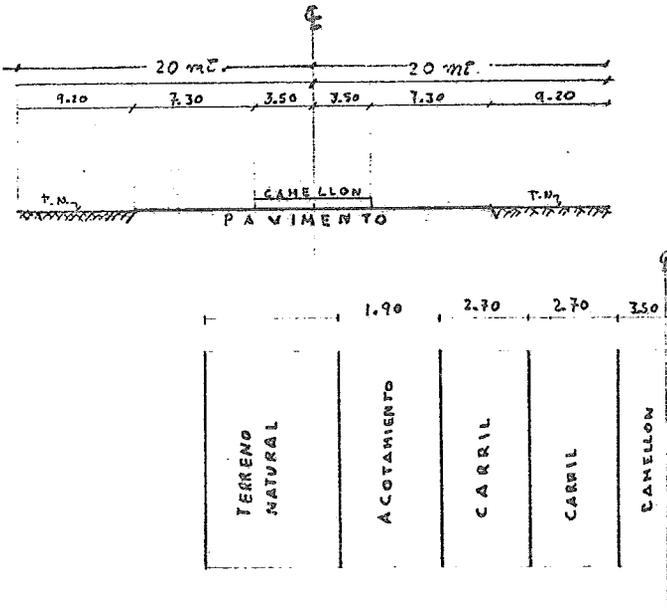
un ancho de sección de 8.00 m. por carril.

una superficie de rodamiento pavimentada de 6.10 mts.

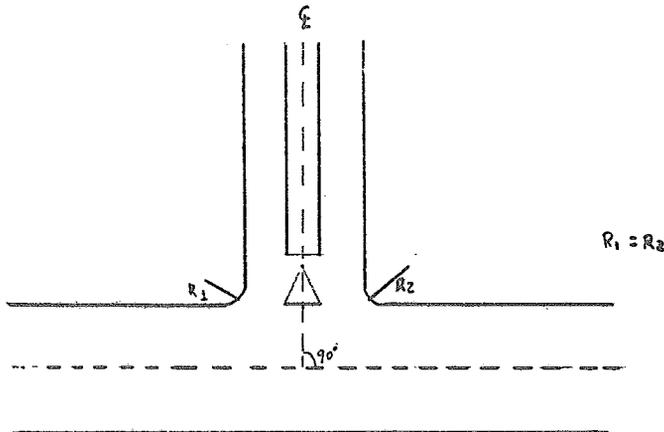
Como el ancho de un carril para que circule con seguridad un-- automóvil es de 2.70 m., podrán circular dos autos en cada -- carril.

Con objeto de que todas las obras estén dentro del derecho de vía ésta debe tener un ancho mínimo de 40.00 mts.

Considerando lo anterior, se llegó a un dimensionamiento como se ilustra en la siguiente figura.



El entronque que se proyectó con la carretera panamericana -  
fué en  $\perp$  como se muestra en la siguiente figura.



CAPITULO III

ESTUDIO GEOTECNICO.

Los límites de consistencia o plasticidad se obtienen como sigue:

para LL (%) se obtiene utilizando la copa de Casagrande.

LP (%) se obtiene efectuando un rolado de la muestra esperando ocurra su rotura en un diámetro aproximado de 3 mm. (criterio de Terzaghi).

$$I_p = LL - LP$$

El significado de la clasificación SUCS para los suelos muestreados es el siguiente:

SM Arenas limosas ; mezclas de arenas y limos.

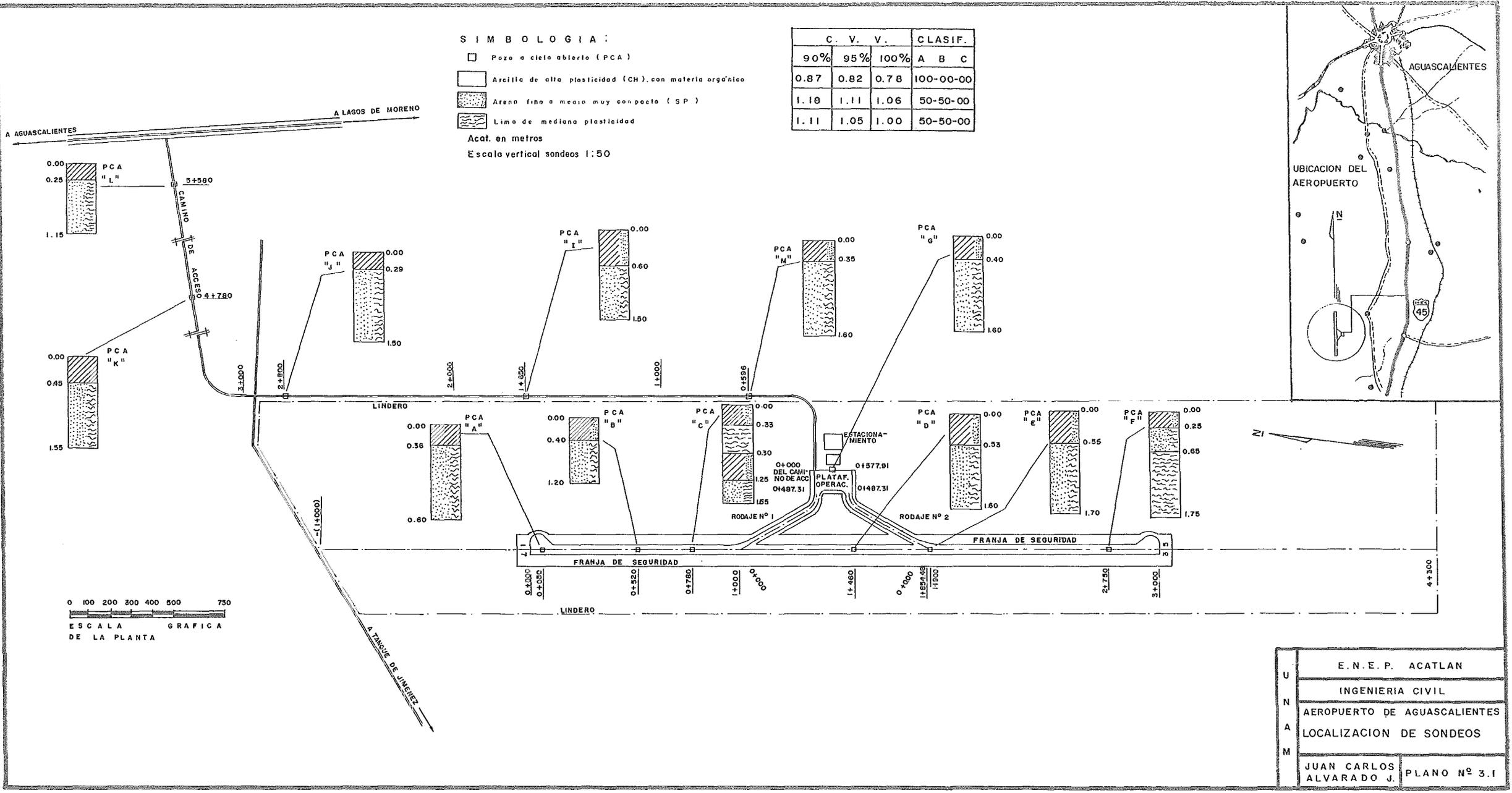
ML Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos.

CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.

SC Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.

Con lo expuesto anteriormente se observó que los suelos que constituyen esta capa arcillosa vegetal tienen características inadecuadas para ser empleados en la construcción de los terraplenes y subrasante. Esta capa arcillosa que se encuentra en la superficie y cuyo espesor fluctúa entre 0.25 y 0.60 mts. deberá despalmarse en su totalidad bajo las áreas por pavimentar del aeropuerto y en todo el ancho de la base de los terraplenes del camino de acceso. Esta capa arcillosa podrá dejarse en las áreas de las franjas de seguridad.

Los materiales que subyacen al estrato anterior que están constituidos en general por arenas limosas compactas (SM), son adecuados para conformar la superficie sobre la que se desplantará o construirán los cuerpos de terraplén y posteriormente el pavimento, ya que estos cumplen con las característi



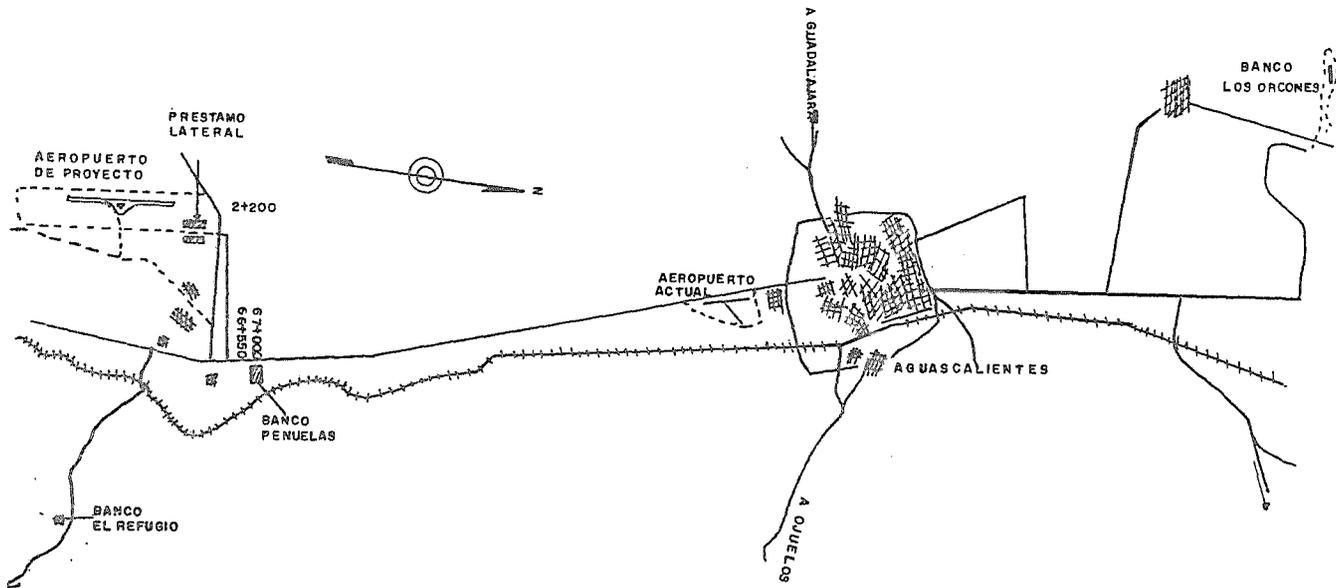
**SIMBOLOGIA:**

- Pozo a cielo abierto (PCA)
  - ▨ Arcilla de alta plasticidad (CH) con materia orgánica
  - ▤ Arena fina a media muy compacta (SP)
  - ▧ Limo de mediana plasticidad
- Acat. en metros  
Escala vertical sondeos 1:50

C. V. V.			CLASIF.		
90%	95%	100%	A	B	C
0.87	0.82	0.78	100-00-00		
1.18	1.11	1.06	50-50-00		
1.11	1.05	1.00	50-50-00		

0 100 200 300 400 500 750  
ESCALA GRAFICA DE LA PLANTA

U N A M	E. N. E. P. ACATLAN	
	INGENIERIA CIVIL	
	AEROPUERTO DE AGUASCALIENTES LOCALIZACION DE SONDEOS	
	JUAN CARLOS ALVARADO J.	PLANO N° 3.1



U N A M	E.N.E.P. ACATLÁN	
	INGENIERIA CIVIL	
	AEROPUERTO DE AGUASCALIENTES	
	UBICACION DE BANCOS	
	JUAN CARLOS ALVARADO J.	PLANO N° 3.2

cas que se mencionarán en el siguiente subcapítulo referente a préstamos para terracerías.

Como observación diremos que el espesor mínimo de la capa subrasante de la zona por pavimentar del aeropuerto será de 50 cm. y en el camino de acceso esta capa será de 30 cm.

#### PRESTAMO PARA TERRACERIAS.

Dadas las características geométricas del aeropuerto y de acuerdo con la disponibilidad de materiales en la región, se estudiaron los préstamos de materiales propios para construir los terraplenes y la capa subrasante. Dichos bancos quedaron en el Km. 2+200 a ambos lados del camino de acceso, como préstamos laterales y en el Km. 67+000 a 235 m. a la derecha de la carretera panamericana, este último conocido en el lugar como banco "Peñuelas". Su ubicación de ambos se muestra en el Plano No. 3.2.

Las características con que deben de cumplir los materiales para construir los terraplenes y la capa subrasante son las siguientes establecidas por la SAHOP (Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas) para sus construcciones:

Para los fines de la formación de los terraplenes, los materiales que se empleen en la construcción de los mismos se clasifican de la siguiente manera:

- A) Material compactable.
- B) Material no compactable.

CUADRO NUM. 31

TIPO	SUB-TIPOS	SIMBOLO DE GRUPO	CARACTERISTICAS PARA SU ACOMODO	PRUEBAS ESPECIFICADAS PARA LA DETERMINACION DE LOS PESOS VOLUMETRICOS SECOS MAXIMOS	RECOMENDACIONES PARA SU USO			
					CUERPO DEL TERRAPLEN	CAPA DE SUB-PAVIMENTO EN TERRAPLENES Y CURTES		
FRAGMENTOS DE ROCA	GRANDES MAYORES DE 75 cm y MENORES DE 2 m	Fg Fgm Fgc Fgmc Fgcm	Susceptibles de acomodarse con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándolos en su posición más estable, entendiéndose que el simple volteo no constituye un acomodo adecuado.	NO DEBEN USARSE		
	MEDIANOS MAYORES DE 20 cm y MENORES DE 75 cm	Fm Fmc Fmg Fmfg Fmfc	Susceptibles de acomodarse por bande con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE		
	CHICOS MAYORES DE 7.6 cm y MENORES DE 20 cm	Fc Fcm Fcg Fcmg Fcmf	Susceptibles de acomodarse por bande con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE		
S U L O S	Grosos	ORAVAS	GW GP GM GC	Susceptibles de compactarse con equipo especial.	90% de Compactación	95% de Compactación		
		ARENAS	BW BP SM SC					
			FINOS				LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	ML CL OL
							LIMITE LIQUIDO ENTRE 50 Y 100	MH <sub>1</sub> CH <sub>1</sub> OH <sub>1</sub>
	LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 100							MH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH <sub>2</sub>
	ALTAMENTE ORGANICOS	TURBA	Pt					NO DEBEN USARSE

El proyecto deberá especificar aquellos casos en que no sea posible compactar por capas, todo o parte del terraplén, en los cuales se deberá utilizar equipo especial, aunque no pueda determinarse el grado de compactación. Esto sólo podrá hacerse en el cuerpo del terraplén y el proyecto fijará el procedimiento a seguir en estos casos.

No deberán usarse materiales con valor relativo de aporte saturado menor de 5% o expansión mayor de 5%.

Los materiales compactables son los siguientes:

- (i) Los suelos, a que se refiere el siguiente cuadro No.-  
3.1
- (ii) Los fragmentos de rocas muy alteradas, conglomerados--  
medianamente cementados, areniscas blandas y tepeta--  
tes a que se refiere el cuadro del inciso anterior.

Los materiales no compactables son los fragmentos de roca pro-  
venientes de mantos sanos, tales como basaltos, conglomerados  
fuertemente cementados, cálizas, riolitas, granitos, andesi--  
tas y otras y los que excedan los requisitos de porcentaje --  
del 20% en volumen de material retenido en la malla de seten-  
ta y seis (76) milímetros (3"). El material retenido deberá--  
contener como máximo el 5% del volumen total de fragmento de--  
roca mayores de 15 cm. (6").

Los materiales que se utilicen en la capa subrasante deberán--  
de cumplir con las normas de calidad que se indican en la úl-  
tima columna del cuadro correspondiente del inciso (i) en un-  
espesor no menor de 30 cm.

Para cubrir lo anterior el estudio de los materiales de los -  
bancos para terracerías incluyó la exploración mediante pozos a  
cielo abierto, su muestreo y las pruebas de laboratorio nece-  
sarias para definir su clasificación, calidad y característi-  
cas de resistencia. Debido a la homogeneidad de las unidades  
geológicas que constituyen el subsuelo de la región, estos --  
materiales también quedan clasificados como arenas limosas - -  
muy compactas (SM) con grumos cementados del mismo material, -  
cuyas características quedan reportadas en las figs. 3.1 y --

3.2 en las que se incluyen sus coeficientes de variación volumétrica, su clasificación para fines de presupuesto así como la capacidad del banco, empleo y tratamiento de los materiales.

Para efectos de diseño de los pavimentos se realizó la prueba del CBR del tipo recomendado por el cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, la cual se efectuó con el material de ambos bancos, préstamo lateral y banco "Peñuelas", ya que cualquiera puede emplearse para formar la capa subrasante, de esta prueba se da una breve descripción a continuación.

El valor relativo de soporte ó CBR. se obtiene de una prueba de penetración en un espécimen de suelo a razón de 0.127 cm/min. se mide la carga aplicada para penetraciones que varíen en 0.25 cm. El C.B.R. se define como la relación expresada como porcentaje, entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm. y la presión para tener la misma penetración en un material arbitrario, adoptado como patrón, que es una piedra triturada en la cual se tienen las presiones en el vástago para las penetraciones indicadas en el sig. cuadro.

Penetración	Presión del vástago
cm.	KG/CM <sup>2</sup> .
0.25	70
0.50	105
0.75	133
1.00	161
1.25	182

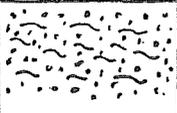
La preparación de la muestra se realiza en un molde, aplicando un método de compactación dinámico tipo proctor estándar ó proctor modificada, realizándose en 5 capas y dándole 55 golpes por capa, variando su contenido de agua. El (los) espécimen(es) se sumerge en agua durante un período de 4 días, al final de los cuales se supone representativo de las condiciones más desfavorables de humedad prevalecientes en el campo, después de ésto el espécimen estará listo para la prueba de penetración.

Al final de esta prueba se obtuvieron resultados de los que se infiere un valor relativo de soporte de diseño de 15%, para las condiciones probables de compactación en el campo, como lo indica la fig. No. 3.1

Dentro de este método de diseño están determinadas las relaciones entre el contenido de agua, el peso volumétrico seco, el valor relativo de soporte y las características de expansión del suelo.

En las figs. 3.1 y 3.2 aparecen representaciones de la gráfica de compactación correspondiente a la prueba AASHO modificada (1

DATOS GENERALES DEL BANCO P.L. CAMINO DE ACCESO  
PARA CAPA SUBRASANTE

ESTRATO		SIMBOLOGIA		TRATAMIENTO PROBABLE.
Nº	ESPS.			
1	0.50	T.V.	TIERRA VEGETAL ARCILLOSA	DESPALME
2	Indef.		ARENA LIMOSA MUY COMPACTA (SM) CAFE CLARO, CON GRUMOS CEMENTADOS DEL MISMO MATERIAL	DISGREGACION Y COMPACT.

ESTRATO Nº	C. V. V.			CLASIFICACION PRESUPUESTO		
	90%	95%	100%	A	B	C
1				100	00	00
2	1.18	1.11	1.06	50	50	00

EMPLEO DEL MATERIAL. Capa subrasante

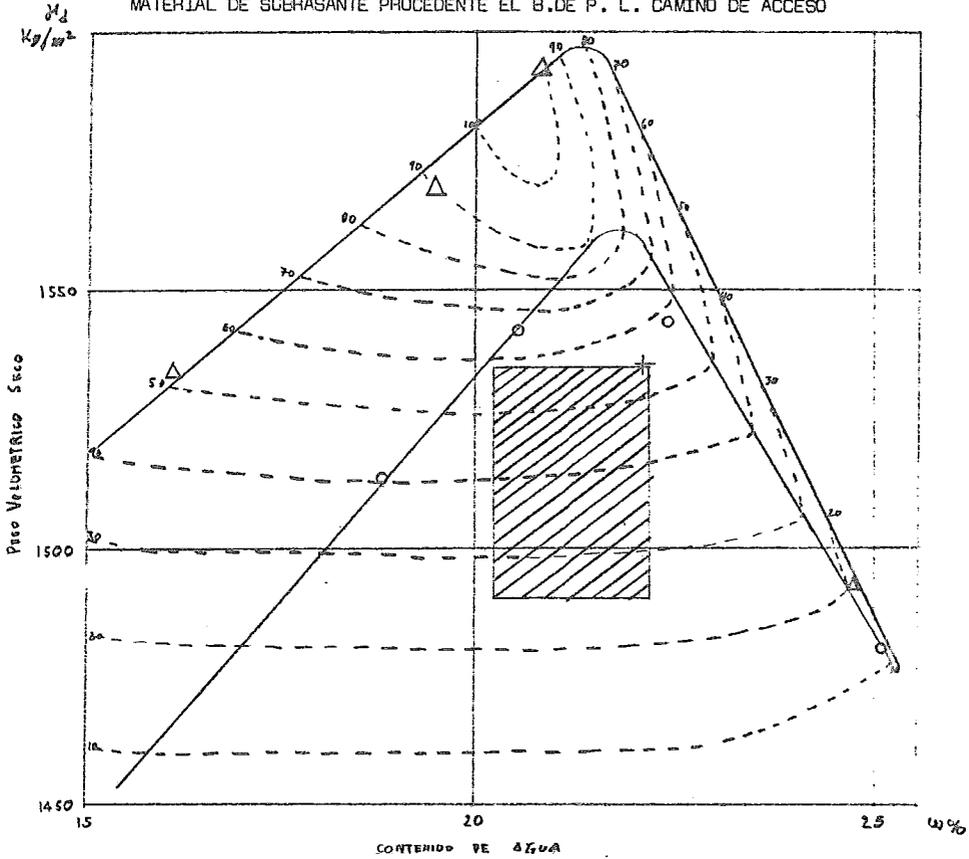
TRATAMIENTO. Disgregación

TAMAÑO MAXIMO DE LAS PARTICULAS Nº 4

La capacidad del banco es suficiente.

Su ubicación se observa en el plano de localización de bancos.

MATERIAL DE SUERASANTE PROCEDENTE EL B. DE P. L. CAMINO DE ACCESO



— COMPACTACION  
 - - - V.R.S.  
 LAS EXPANSIONES SON INTRASCENDENTES

△ 55 golpes por capa  
 ○ 30 golpes por capa  
 † Proctor SDF

▨ CONDICIONES PROBABLES DE COMPACTACION

LL 45%  
 IP 14%  
 VRS 15%

Fig. No. 3.1

DATOS GENERALES DEL BANCO "PEÑUELAS"  
PARA CAPA SUBRASANTE.

ESTRATO		SIMBOLOGIA		TRATAMIENTO PROBABLE
Nº	ESPS.			
1	0.60	I.V.	TERRA VEGETAL ARCILLOSA, CON GRAVAS.	DESPALME
2	Indef		ARENA LIMOSA MUY COM- PACTA CAFE CLARO (SM) CON GRUMOS CEMENTADOS DEL MISMO MATERIAL.	DISGREGACION Y COMPACT.

ESTRATO	C. V. V.			CLASIFICACION PRESUPUESTO		
	90%	95%	100%	A	B	C
	1				100	00
2	1.18	1.11	1.06	50	50	00

EMPLEO DEL MATERIAL. Capa subrasante  
TRATAMIENTO. Disgregación  
TAMAÑO MAXIMO DE LAS PARTICULAS. Nº 4

La capacidad del banco es suficiente.  
Su ubicación se observa en el plano de localización de bancos.

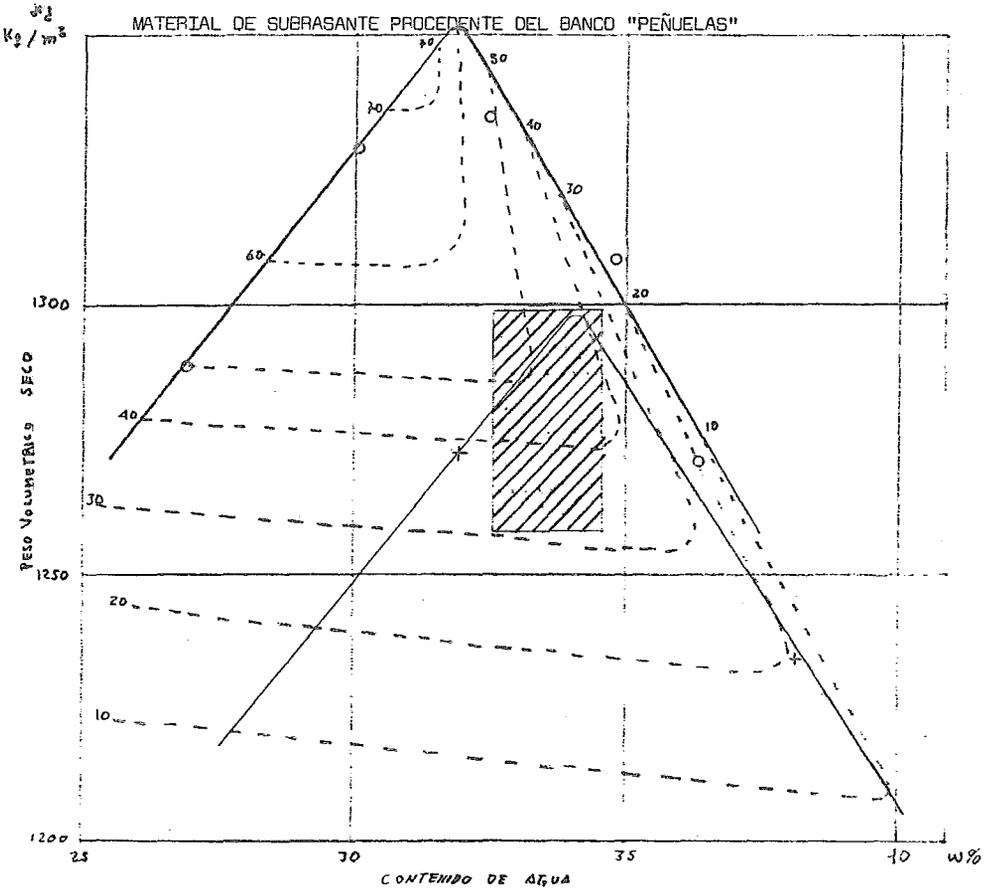


Fig. No. 3.2

y a la prueba de impactos que realiza la S.O.P. ya que se supone que la compactación se controlará con ésta última y que se exige en la obra una compactación que este entre el 100% -- y algún otro porcentaje inferior ( 95) a los que corresponden los pesos volumétricos secos que delimitan la zona sombreada.

Aparecen también en las figuras, curvas del mismo valor relativo de soporte, obtenidos midiendo este concepto en cada espécimen saturado, al cual se ha permitido expanderse durante 4 - - días de inmersión en el agua. La expansión se mide simplemente por diferencia de alturas del suelo dentro del molde, en este caso éstas son intrascendentes. Por lo que para determinar el contenido de agua mínimo y máximo se determinó durante las - - pruebas del V.R.S.

Se recomienda que durante la explotación de los bancos estudiados se tomen las precauciones necesarias para proporcionar un drenaje adecuado en las áreas aledañas para no propiciar encharcamientos, así como evitar en lo posible erosiones futuras que pudieran afectar el uso potencial de la tierra o las obras del camino y del aeropuerto.

#### BANCOS DE MATERIALES PARA PAVIMENTOS.

Durante el desarrollo del estudio de campo del presente proyecto se efectuó una investigación de las fuentes de aprovisionamiento de materiales propios para construir las estructuras de los pavimentos, tomando en consideración las características geológicas de la región. Ya que estos deben de cumplir una determinada calidad de acuerdo con las normas fijadas en las especificaciones generales de construcción en su parte octava de la S.O.P., por lo que nos avocaremos primero al material para -

base hidráulica, y a continuación mencionamos las normas con -- las cuales debe de cumplir.

Los materiales que se emplean para bases en pavimentos flexi-- bles en carreteras o aeropistas y para sub-bases en pavimentos rígidos para aeropistas, deberán llenar los requisitos siguien-- tes:

A) De granulometría.

1) La curva granulométrica del material deberá quedar compren-- dida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de -- la zona 3 de la figura No. 3.3. Preferentemente, deberán em-- plearse materiales cuya curva granulométrica se localiza en -- las zonas 1 ó 2.

2) La curva granulométrica deberá afectar una forma semejante-- a las de las curvas que limitan las zonas, sin presentar cam-- bios bruscos de pendientes y la relación del porcentaje en pe-- so que pase la malla Núm. 200 al que pase la malla Núm. 40, -- no deberá ser mayor de sesenta y cinco centésimos (0.65).

3) El tamaño máximo de las partículas de material no deberá -- ser mayor de (50) milímetros (2") para el material correspon-- diente al Grupo A) o de treinta y ocho milímetros (38) - - - - ( 1 1/2" ) para el material correspondiente al grupo B).

Grupo A: Materiales pétreos que no requieran ningún tratamien-- to de disgregado, cribado o trituración.

Grupo B: Materiales pétreos que para su utilización requieran-- tratamiento de disgregado, cribado o trituración.

B) De límite líquido, contracción lineal y valor cementante, -

los fijados en el cuadro siguiente No. 3.2

ZONA DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS

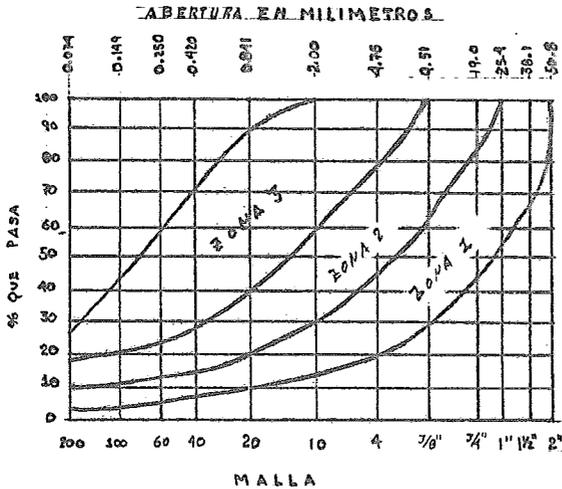


FIG. No3.3

CARACTERISTICAS	ZONAS EN QUE SE CLASIFICA EL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA.		
	1	2	3
Limite licuido, en por ciento.....	30 máx.	30 máx.	30 máx.
Contracción lineal en por ciento.....	4.5 máx.	3.5 máx.	2.0 máx.
Valor cementante, para materiales angulosos - en kg/cm <sup>2</sup> .....	5.5 mín.	4.5 mín.	3.5 mín.

CUADRO No 3.2

C) Cuando la curva granulométrica del material se aloja en dos o más zonas, en la parte correspondiente a las fracciones comprendidas entre las mallas Núms. 40 y 200, la contracción lineal deberá considerarse para la zona en la cual quede alojada la mayor longitud de dicha parte de la curva, excepto cuando la fracción que pase la malla Núm. 200 sea menor de quince por ciento (15%), en cuyo caso la zona considerada será aquella en la que se aloje la mayor longitud de la totalidad de la curva.

E) De valor relativo de soporte estándar, equivalente de arena e índice de durabilidad, los fijados en el cuadro que figura a continuación.

1) En aeropistas.

PESO TOTAL DE AERONAVES.	Valor Relativo de soporte estándar	Equivalente de arena: (Tentativo).	Indice de Durabilidad (Tentativo)
Hasta 20 toneladas.	80 mín.	35 mín.	35 mín.
Más de 20 toneladas.	100 mín.	50 mín.	40 mín.

D) De grado de compactación en la carretera o aeronista. El material deberá compactarse al noventa y cinco por ciento (95%) mínimo de su peso volumétrico seco máximo, salvo que el proyecto fije un grado diferente de compactación.

DATOS GENERALES DEL BANCO EL REFUGIO N° III.  
PARA BASE HIDRAULICA

ESTRATO		SIMBOLO		CLASIFICACION PRESUPUESTO		
N°	ESTR.			A	B	C
1	0.50	T.V.	TIERRA VEGETAL CON AFLORAMIENTO DE ROCA	90	10	00
2	INDF.		RIOLITA MASIVA, POCO INTEMPERIZADA Y POCO FRACTURADA. SE OBTENDRAN FRAG. MEDIANOS Y GRANDES.	00	00	100

CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA REALIZADA

LL	36	%
IP	20	%
UCL	3.5	%
EA	52	%
VC	4.5	Kg/cm <sup>2</sup>
d'ds	1150	Kg/m <sup>3</sup>
d'dm	1680	Kg/m <sup>3</sup>
W <sub>e</sub>	14	%
VRS	160	%
Exp	0.16	%

TRATAMIENTO . Trituración total 1½" y mezcla  
EMPLEO DEL MATERIAL. Base hidraulica.  
TAMAÑO MAXIMO DE LAS PARTICULAS. Roca

Su ubicación se observa en el plano de localización de bancos.

gráfica obtenida de la mezcla.

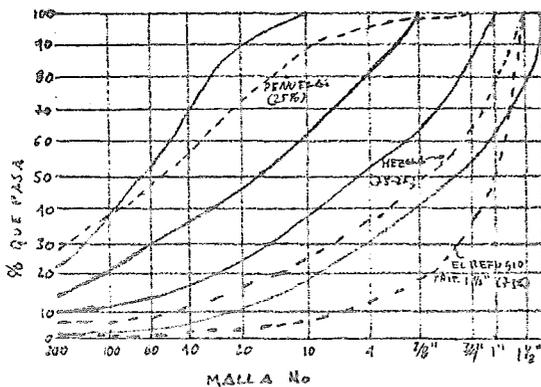


Fig. No. 3.4

DATOS GENERALES DEL BANCO LOS ORCONES  
PARA BASE HIDRAULICA

ESTRATO		SIMBOLO		CLASIFICACION PRESUPUESTO		
Nº	ESPS			A	B	C
1	0.70	T. V.	TIERRA VEGETAL	90	10	00
2	INDP.		GRAVA ARENA DE RIO MAL GRADUADA, POCO LIMOSA, MEDIANAMENTE COMPACTADA CAFE(GP) CON 30% DE FRAG. CHICOS, Y ALGUNAS BOLSAS DE GRAVA ARCILLOSA.	50	30	20

CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA REALIZADA.

LL	26	%
IP	15	%
CL	2.6	%
EA	48	%
VC	7.4	Kg/cm <sup>2</sup>
2' ds	1500	Kg/m <sup>3</sup>
2' dm	1840	Kg/m <sup>3</sup>
W <sub>o</sub>	8	%
VRS	122	%
Exp.	0.2	%

TRATAMIENTO. Trituración a 1½" cribado y mezcla.

EMPLEO DEL MATERIAL. Base hidraulica  
TAMAÑO MAXIMO DE LAS PARTICULAS. 0.50 m.

% de particulas	2"	30
" " "	1½"	40
" " "	¾"	30

Su ubicación se observa en el plano de localización de bancos.

grafica obtenida de la mezcla

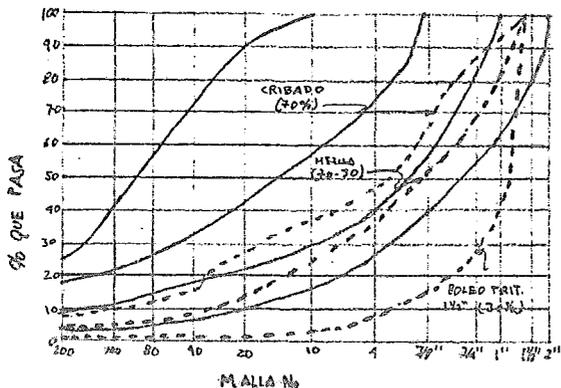


Fig. No 3.5

A continuación se exponen las especificaciones con las que debe de cumplir el material para conformar la capa de base asfáltica y carpeta asfáltica.

Los materiales pétreos para carpetas asfálticas, elaboradas -- por los sistemas de mezclas en lugar y en planta estacionaria, deberán satisfacer las siguientes normas:

A) De granulometria.

1) La curva granulométrica del material pétreo para mezclas en el lugar deberá cumplir con lo que indique el proyecto en cada caso y, en términos generales deberá quedar comprendida entre el limite inferior de la zona 1 y el limite superior de la zona 2 de la figura Núm. 3.6. La zona 1. corresponde a materiales pétreos de granulometria gruesa y la zona 2, a los materiales pétreos de granulometria fina. La curva granulométrica, del -- material pétreo, deberá afectar una forma semejante a las de -- las curvas que limitan las zonas, por lomenos en dos terceras partes (2/3) de su longitud sin presentar cambios bruscos de -- pendiente.

La curva granulométrica del material pétreo para concretos asfálticos, en términos generales deberá quedar comprendida en -- la zona limitada por las dos curvas de la figura Núm. 3.7. En -- cada caso el proyecto señalará la granulometria correspondiente, de acuerdo con los requisitos fijados en el diseño de la -- mezcla, La granulometria del material cumple con los requisi -- tos de proyecto, si está dentro de las siguientes tolerancias.

ZONAS DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS PARA MATERIALES PETREOS QUE SE EMPLEEN EN MEZCLAS ASFALTICAS EN EL LU-  
GAR.

ABERTURA EN MILIMETROS.

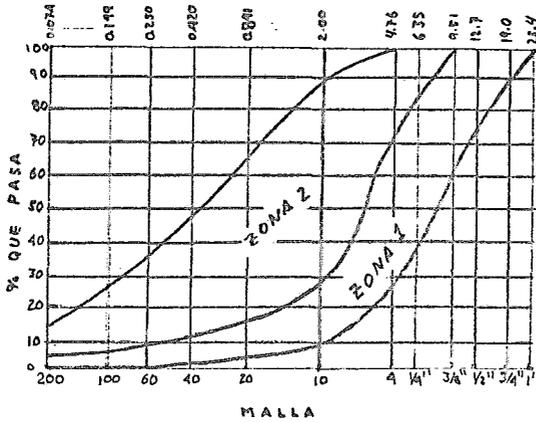


Fig. No. 3.6

TAMAÑO DEL MATERIAL PETREO.		TOLERANCIA, POR CIENTO PESO DEL MATERIAL PETREO.	
Malla que pasa	Retenido en Malla		
Correspondiente al tamaño máximo.	4.76 mm (Núm.4)	±	5
4.76 mm. (Núm.4)	2.00 mm (Núm.4)	±	4
2.00 mm (Núm.10)	0.420 mm (Núm.40)	±	3
0.420 mm (Núm.40)	0.074 mm (Núm.200)	±	1
0.74 mm (Núm.200)	.....	±	1

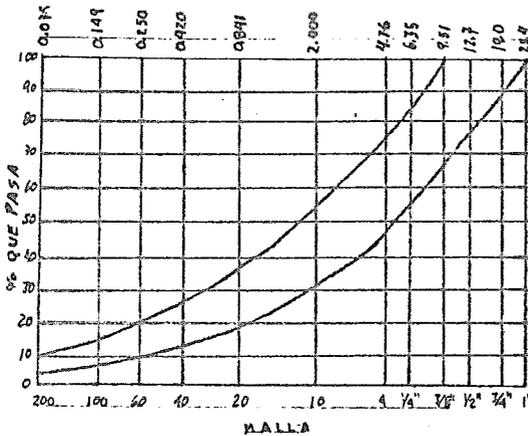
B) De contracción lineal.

1) Cuando la curva granulométrica del material pétreo quede --  
ubicado en la zona 1. de la figura No. 3.6..... 3% máx.

2) Cuando la curva granulométrica del material pétreo quede --  
ubicada en la zona 2, de la figura Núm. 3.6..... 2% máximo.

ZONA DE ESPECIFICACIONES GRANULOMETRICAS PARA MATERIALES PE---  
TROS QUE SE EMPLEEN EN CONCRETOS ASFALTICOS.

Fig. No. 3.7  
ABERTURA EN MILIMETROS.



3) Material pétreo para concretos asfálticos.....2% Má-  
ximo.

C) De desgaste Los Angeles, para cualquier tipo de material --  
petreo..... 40% Máximo.

D) De forma de las partículas. Partículas alargadas y/o en ---  
forma de laja..... 35% Máximo.

F) Equivalente de arena ..... 55% Máximo.

En la Fig. No. 3.8 se presentan datos particulares del banco en la cual se incluye su secuencia estratigráfica, su capacidad, empleo, tratamientos requeridos, clasificación para pre supuesto y las principales características de calidad promedio que se desprenden de los ensayos de laboratorio en la -- mezcla del material tratado para el uso que se le pretende -- dar. En el cual como ya se mencionó, únicamente se hace referencia a la carpeta asfáltica.

DATOS GENERALES DEL BANCO EL REFUGIO N° III  
PARA CARPETA ASFALTICA

ESTRATO		SIMBOLO		CLASIFICACION		
N°	ESPS.			PRESUPUESTO		
				A	B	C
1	0.50	T.V.	TIERRA VEGETAL CON AFLORAMIENTOS DE ROCA	90	10	00
2	INDEF		RIOLITA MASIVA POCO INTEMPERIZADA Y POCO FRACTURADA. SE OBTEN- DRAN FRAG. MEDIANOS Y GRANDES.	00	00	100

CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA REALIZADA

CL	0.5	%
EA	57	%
Yds	1230	Kg/m <sup>3</sup>
DLA	29	%
Lajeo	38	%
AF	15	%
Dens.	2.37	
Abs.	6.8	%
CKE(sup)	3.9	%
CKE(abs)	0.6	%

TRATAMIENTO Trituración total a 3/4" y 1/4" y mezcla  
EMPLEO DEL MATERIAL. Carpeta asfáltica  
TAMAÑO MAXIMO DE LAS PARTICULAS. Roca

Su ubicación se observa en el plano de localización de bancos.

grafica obtenida de la mezcla.

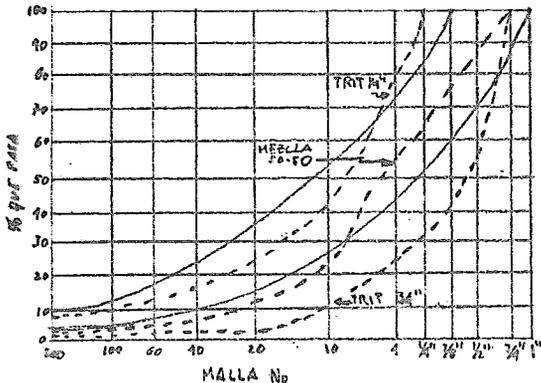


Fig. No. 3.8

CAPITULO IV.

CALIDAD, DISEÑO Y CONTROL DE TERRACERIAS  
Y PAVIMENTO.

## CALIDAD, DISEÑO Y CONTROL.

En este capítulo se hace mención a la calidad con la cual deben de cumplir los materiales con los que se construyeron las diferentes capas de terracerías y pavimentos; a su diseño si lo hay, con el cual se determinaron sus espesores; y el control que se observó durante su construcción para determinar si cumplieron con las especificaciones.

### CALIDAD.

Daremos principio con el material para terracerías, los cuales deben de cumplir con las Especificaciones Generales de Construcción de la S.O.P. las cuales se mencionan a continuación.

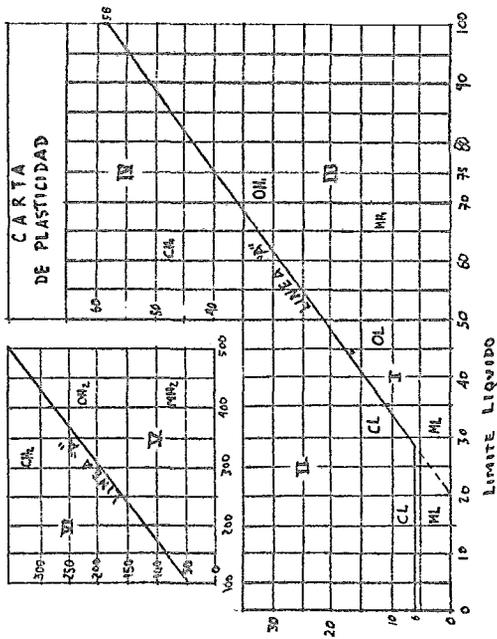
Los materiales para terracerías se clasifican de acuerdo con el cuadro No. 4.1 el cual se complementa con la carta de plasticidad.

Una recomendación que se hace para obtener mejores resultados al usar los materiales para terracerías, es cumplir con lo indicado en el cuadro No. 4.1

Los materiales que se usen en la capa subrasante deberán de cumplir con las normas de calidad que se indican en la última columna del cuadro No. 4.2

Para determinar los espesores de terracerías que comprenden terraplenes y subrasante, no se necesita realizar un cálculo ya que uno estará en función del nivel del terreno de desplante, terreno natural y el otro ya está dado por especificaciones que debe de cumplir un espesor mínimo y que estará en función del V.R.S. obtenido. En este caso el V.R.S. del material con que se construyó la subrasante fue del 15% que se considera bue--

TIPO	SUB-TIPOS	IDENTIFICACION	NUMERO DE CLASIFICACION	NOTAS	
F R A C M E N T O S D E R O C A Tamaño máximo de 7.6 cm (3") y menores de 2 m	GRANDES MAYORES DE 75 cm Y MENORES DE 2 m	Fragmentos grandes, con menos del 10% de otros fragmentos o de suelo.	Fg	1.—Cuando los fragmentos de roca contengan más del 10% de suelo, el material se clasificará con símbolo dúctil, utilizando los símbolos del suelo correspondiente y los del fragmento respectivo. Si el volumen de suelo es mayor del 50%, el símbolo de éste se antepone al del fragmento; si el volumen de suelo está comprendido entre 10 y 50%, su símbolo lo es coloreará en seguida del símbolo de los fragmentos de roca.	
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos medianos, predominando los grandes, con menos del 10% de fragmentos chicos o de suelo.	Fgm		
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos chicos, predominando los grandes, con menos del 10% de fragmentos medianos o de suelo.	Fgo		
Fragmentos grandes mezclados con fragmentos medianos y chicos, predominando los grandes sobre los medianos y éstos sobre los chicos, con menos del 10% de suelo.		Fgms			
MEDIANOS MAYORES DE 20 cm Y MENORES DE 75 cm	Fragmentos medianos, con menos del 10% de otros fragmentos o de suelo.	Fm	EJEMPLO 1 EJEMPLO 2 Un material contiene: Un suelo contiene: 60% de GC 40% de Fm 20% de Fg 30% de BM 15% de Fm 20% de Fc 8% de Fe 10% de FeF		
	Fragmentos medianos mezclados con fragmentos chicos, predominando los medianos sobre los chicos, con menos del 10% de fragmentos grandes o de suelo.	Fmo			
	Fragmentos medianos mezclados con fragmentos chicos y grandes, predominando los medianos sobre los chicos y éstos sobre los grandes, con menos del 10% de suelo.	Fmog			
	Fragmentos medianos mezclados con fragmentos grandes y chicos, predominando los medianos sobre los grandes y éstos sobre los chicos, con menos del 10% de suelo.	Fmgo			
CHICOS MAYORES DE 7.6 cm (3") Y MENORES DE 20 cm	Fragmentos chicos, con menos del 10% de otros fragmentos o de suelo.	Fc	2.—La clasificación de suelos que aparecen en este cuadro son, en general, al Sistema Unificado (S.U.C.S.) y puede considerarse como la versión S.O.P. de dicho sistema. 3.—Todos los tamaños de las mallas que aparecen en este cuadro son los de la U.S. Standard (apertura cuadrada). 4.—Como los símbolos de los suelos proceden en general de nombres en el idioma inglés, a continuación se dan las equivalencias de las letras que aparecen en los mismos: G — Grava M — Limo C — Arcilla W — Lino graduado F — Mal graduado L — Baja compresibilidad H — Alta compresibilidad O — Suelo orgánico P <sub>1</sub> — Turba		
	Fragmentos chicos mezclados con fragmentos medianos, predominando los chicos, con menos del 10% de fragmentos grandes o de suelo.	Fcm			
	Fragmentos chicos mezclados con fragmentos grandes, predominando los chicos, con menos del 10% de fragmentos medianos o de suelo.	Fcg			
	Fragmentos chicos mezclados con fragmentos medianos y grandes, predominando los chicos sobre los medianos y éstos sobre los grandes, con menos del 10% de suelo.	Fcmg			
S U E L O S PARTICULAS MENORES DE 7.6 cm (3")	DE PARTICULAS FINAS MÁS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA LA MALLA NÚM. 200 MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL SE RESISTE EN LA MALLA NÚM. 300 Se refiere que las partículas más pequeñas apreciadas a simple vista corresponden a un tamaño de 0.075 mm (malla Núm. 200). MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCION gruesa se resiste en la malla Núm. 4 MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCION gruesa se resiste en la malla Núm. 4 (Para clasificación visual puede considerarse 5 mm como equivalente a la abertura de la malla Núm. 4)	Gravas bien graduadas, mezcla de grava y arena poco o nada de finos. Deben tener un coeficiente de uniformidad (Cu) mayor de 4 y un coeficiente de curvatura (Cc) entre 1 y 3. (Ver nota Núm. 6.)	Menos de 5% en peso pasa la malla Núm. 200.	GW	
		Gravas mal graduadas, mezcla de grava y arena, poco o nada de finos. No satisfacen los requisitos de graduación para GW.	Menos de 5% en peso pasa la malla Núm. 200.		GP
		Gravas limosas, mezcla de grava, arena y limo, mal graduadas.	Más de 12% en peso pasa la malla Núm. 200 y las pruebas de límites, efectuadas en la fracción que pasa la malla Núm. 40, la clasifican como un suelo ML, abajo de la línea "A" de la carta de plasticidad, o Ip < 6. (Véase abajo, grupo ML.)	Més de 12% en peso pasa la malla Núm. 200 y las pruebas de límites, efectuadas en la fracción que pasa la malla Núm. 40, la clasifican como un suelo CL, arriba de la línea "A" de la carta de plasticidad, o Ip > 6. (Véase abajo, grupo CL.)	GA
		Gravas arcillosas, mezcla de grava, arena y arcillas, mal graduadas.	Més de 12% en peso pasa la malla Núm. 200 y las pruebas de límites, efectuadas en la fracción que pasa la malla Núm. 40, la clasifican como un suelo CL, arriba de la línea "A" de la carta de plasticidad, o Ip > 6. (Véase abajo, grupo CL.)		GO
		Arenas bien graduadas, arenas con grava, poco o nada de fino. Deben tener un coeficiente de uniformidad (Cu) mayor de 6 y un coeficiente de curvatura (Cc) entre 1 y 3. (Ver nota Núm. 6.)	Menos de 5% en peso pasa la malla Núm. 200.	Menos de 5% en peso pasa la malla Núm. 200.	SW
		Arenas mal graduadas, arenas con grava, poco o nada de finos. No satisfacen los requisitos de graduación para SW.	Menos de 5% en peso pasa la malla Núm. 200.		SP
		Arenas limosas, mezcla de arena y limo mal graduadas.	Més de 12% en peso pasa la malla Núm. 200 y las pruebas de límites, efectuadas en la fracción que pasa la malla Núm. 40, la clasifican como un suelo ML, abajo de la línea "A" de la carta de plasticidad, o Ip < 6. (Véase abajo, grupo ML.)	Més de 12% en peso pasa la malla Núm. 200 y las pruebas de límites, efectuadas en la fracción que pasa la malla Núm. 40, la clasifican como un suelo CL, arriba de la línea "A" de la carta de plasticidad, o Ip > 6. (Véase abajo, grupo CL.)	SM
		Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcillas mal graduadas.	Més de 12% en peso pasa la malla Núm. 200 y las pruebas de límites, efectuadas en la fracción que pasa la malla Núm. 40, la clasifican como un suelo CL, arriba de la línea "A" de la carta de plasticidad, o Ip > 6. (Véase abajo, grupo CL.)		SO
		Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas ligeramente plásticas. (Dentro de la zona I de la carta de plasticidad.)	MAYOR DE 50% Entre 50 y 100% Mayor de 100%	Arcillas inorgánicas de baja o mediana plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres. (Dentro de la zona II de la carta de plasticidad.)	ML
		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad. (Dentro de la zona I de la carta de plasticidad.)		OL	
Limos inorgánicos de baja o mediana plasticidad, arenas finas o limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos. (Dentro de la zona III de la carta de plasticidad.)	MH <sub>1</sub>				
Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas. (Dentro de la zona IV de la carta de plasticidad.)	CH <sub>1</sub>				
Limos y arcillas orgánicas de media o alta plasticidad. (Dentro de la zona III de la carta de plasticidad.)	OH <sub>1</sub>				
Limos inorgánicos de alta plasticidad. (Dentro de la zona V de la carta de plasticidad.)	MH <sub>2</sub>				
Arcillas inorgánicas de muy alta plasticidad. (Dentro de la zona VI de la carta de plasticidad.)	CH <sub>2</sub>				
Limos y arcillas orgánicas de alta plasticidad. (Dentro de la zona V de la carta de plasticidad.)	OH <sub>2</sub>				
Fácilmente identificables por su color, olor, consistencia esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa. Turba y otros suelos altamente orgánicos.	FT				

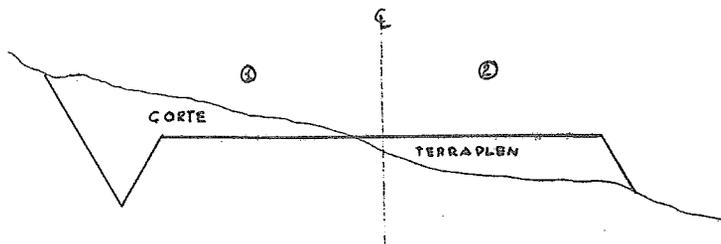


INDICE PLASTICO.

CUADRO NUM. 2

TIPO	SUB-TIPOS	SIMBOLO DE GRUPO	CARACTERISTICAS PARA SU ACOMODO	PRUEBAS ESPECIFICADAS PARA LA DETERMINACION DE LOS PESOS VOLUMETRICOS SECOS MAXIMOS	RECOMENDACIONES PARA SU USO	
					CUERPO DEL TERRAPLEN	CAPA DE SUB-BANANOS EN TERRAPLENES Y CURRES
FRAGMENTOS DE ROCA	GRANDES MAYORES DE 75 cm y MENORES DE 2 m	Fg Fgm Fge Fgme Fgcm	Susceptibles de acomodarse con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, acomodándolos en su posición más estable, entendiéndose que el simple volteo no constituye un acomodo adecuado.	NO DEBEN USARSE
	MEDIANOS MAYORES DE 20 cm y MENORES DE 75 cm	Fm Fmc Fmg Fmrg Fmcc	Susceptibles de acomodarse por bandeo con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE
	CHICOS MAYORES DE 7.6 cm y MENORES DE 20 cm	Fc Fcm Fcg Fcmg Fccm	Susceptibles de acomodarse por bandeo con tractor y/o con el equipo de construcción.		Pueden utilizarse en todo el cuerpo del terraplén, tendiéndolos en capas del espesor mínimo que permita el tamaño de los fragmentos mayores.	NO DEBEN USARSE
S U V E L O S	GRUESOS	GRAVAS	GW GP GM GC	SUSCEPTIBLES DE COMPACTARSE CON EQUIPO ESPECIAL.	90% de Compactación	NO DEBEN USARSE
		ARENAS	SW SP SM SC			
	FINOS	LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	ML CL OL			
		LIMITE LIQUIDO ENTRE 50 Y 100	MH <sub>1</sub> CH <sub>1</sub> OH <sub>1</sub>			
		LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 100	MH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH <sub>2</sub>			
	ALTAMENTE ORGANICOS	TURBA	Pt			
				<p><b>AASHO ESTANDAR SIEMPRE QUE EL PROYECTO NO INDIQUE OTRA PRUEBA DINAMICA</b></p> <p>En estos especiales el proyecto deberá indicar el procedimiento a seguir en el control de la compactación.</p>	<p>El proyecto deberá especificar aquellos casos en que no sea posible, construir por etapas, todo o parte del terraplén. Las mezclas de fragmentos de roca y suelos, en que predominen éstos, podrán, en algunas ocasiones ser manejadas como susceptibles de compactarse con el equipo ordinario de compactación. En tal caso deberá indicarse el grado de compactación. En caso de que el proyecto no indique el grado de compactación, deberá indicarse el grado de compactación a seguir en estos casos.</p>	<p>95% de Compactación</p> <p>95% de Compactación en carreteras. En Aeropistas no deben usarse.</p>
<p>No deberán usarse materiales con valor relativo de aporte al humo menor de 5% o equivalente mayor de 5%.</p>						

no, por lo que el espesor quedó definido de 50 cm. que es el mínimo especificado para aeronuertos, ya que para carreteras se considera de 30 cm. como mínimo.



Como se podrá observar en el anterior dibujo en la zona 2 es donde se necesita colocar un espesor de terraplén más grande que del lado de la zona 1 para poder dar el nivel donde se des plantará la capa subrasante.

#### CONTROL.

Para poder llevar a buen término todo tipo de trabajo es necesario un control de calidad, el cual se realiza a través de un laboratorio que se encarga de realizar las pruebas necesarias para poder dar el visto bueno a los materiales empleados en la construcción, tanto en especificaciones como en calidad.

En lo que se refiere a la calidad de los materiales de terrace rías, ésta se verificó al sondear los bancos, de donde se obtu vieron muestras tanto del piso como de la pared, ya que se rea lizaron sondeos de pozo a cielo abierto, lo cual se efectuó -- cuando se realizaba el estudio de los bancos, del cual se obtu vo el valor del VRS. igual a 15%, su peso específico seco máxi mo 1,650 Kg/m<sup>3</sup>. y su humedad óptima del 22%.

Una vez realizado lo anterior, en el campo (cuando se constru- yeron las capas) se procedió a obtener muestras realizando son

deos en las capas compactadas ya fueran de terraplén o de subrasante, los cuales se realizaron a cada 50.00 mts. de longitud por 8.00 mts. de ancho; los sondeos que se efectuaban tenían 20.00 cms. de profundidad por 12.00 cms. de diámetro como promedio.

A continuación se presenta un informe en el cual se describe la granulometría obtenida del material empleado para terraplén y de la capa subrasante, (solamente se hará referencia a un ensaye).

Realizando las comparaciones entre los valores obtenidos y las especificaciones, de los siguientes conceptos podremos decir si dichos materiales están dentro de especificaciones.

CARACTERISTICAS	Capa Terranlen.	Capa Subrasante.	Especificaciones.
Límite Líquido %	36	43	50
Indice Plástico %	12	17	Debe caer en Zona 1. de C.P.
VRS. estándar saturado %	41.1	47.7	No < 5% saturado.

Los dos primeros cumplen con especificaciones al entrar en la carta de plasticidad con dichos valores y ver que quedan alojadas en la zona 1. la tercera por especificación se observa que es favorable ya que es bastante bueno el material.

### INFORME DE TERRACERIAS CAPA SUB-RASANTE

OBRA ALBERGUE DE AGUASCALIENTES  
 LOCALIZACION PISTA 12-35  
 ENSAYES No. \_\_\_\_\_  
 FECHA DE RECIBO \_\_\_\_\_  
 FECHA DE INFORME 12-0-82

### INFORME DE TERRACERIAS

OBRA ALBERGUE DE AGUASCALIENTES  
 LOCALIZACION PISTA 12-35  
 ENSAYES No. \_\_\_\_\_  
 FECHA DE RECIBO \_\_\_\_\_  
 FECHA DE INFORME 22-VII-82

IDENTIFICACION	NUM DE ENSAYE	8929	8930	8931	8932	8933	8934
ESTACION	0+200	0+400	0+600	0+800	0+800	0+800	0+900
LADO	C.T.	D	C.T.	F	D	C.D.	C.D.
CAPA	2a	2a	2a	2a	2a	2a	2a

IDENTIFICACION	NUM DE ENSAYE	775	776	777	778	779
ESTACION	0+600	0+200	0+400	0+600	0+800	0+800
LADO	PISTA	PISTA	PISTA	PISTA	PISTA	PISTA
CAPA	TERRACERIAS					

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMARO MAXIMO (mm)	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5	77.5
	% RETENIDO EN MALLA DE 75 mm	0	0	0	0	0	0
% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	78	78	83	76	77	76	76
DE 0.425 mm	46	50	55	47	47	49	49
DE 0.075 mm	16	25	31	22	22	22	22
EQUIVALENTE DE HUM DE CAMPO %	—	—	—	—	—	—	—
LIMITE LIQUIDO %	47	47	45	35	40	40	40
INDICE PLASTICO %	17	17	15	17	17	15	15
CONTRACCION LINEAL %	5.6	5.8	6.4	4.5	5.0	5.3	5.3
P.E.S. SUELTO kg/m <sup>3</sup>	1225	1225	1225	1275	1275	1215	1215
P.E.S. MAXIMO kg/m <sup>3</sup>	1620	1625	1665	1685	1740	1620	1620
HUMEDAD OPTIMA %	21.9	23.1	23.9	19.5	18.7	22.7	22.7
HUMEDAD NATURAL %	—	—	—	—	—	—	—
COMPACTACION DEL LUGAR %	—	—	—	—	—	—	—
V.R.S. ESTANDAR SATURADO %	47.7	46.1	49.7	55.1	57.0	50.3	50.3
EXPANSION %	0.70	0.50	0.58	0.53	0.70	0.73	0.73
CLASIFICACION SOP.	SC	SC	SC	CC	SC	SC	SC

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMARO MAXIMO (mm)	50	—	50	50	50
	% RETENIDO EN MALLA DE 75 mm	0	0	0	0	0
% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	41	41	41	41	49	49
DE 0.425 mm	18	18	27	27	48	48
DE 0.075 mm	8	8	12	12	23	23
EQUIVALENTE DE HUM DE CAMPO %	—	—	—	—	—	—
LIMITE LIQUIDO %	47	47	47	47	46	46
INDICE PLASTICO %	17	16	16	16	15	15
CONTRACCION LINEAL %	4/1	4/1	5.8	5.8	6.3	6.3
P.E.S. SUELTO kg/m <sup>3</sup>	995	995	935	935	1085	1085
P.E.S. MAXIMO kg/m <sup>3</sup>	1515	1360	1420	1355	1735	1735
HUMEDAD OPTIMA %	23.4	22.8	24.7	23.6	25.2	25.2
HUMEDAD NATURAL %	—	—	—	—	—	—
COMPACTACION DEL LUGAR %	—	—	—	—	—	—
V.R.S. ESTANDAR SATURADO %	12/0	53.2	52.7	42.0	41.1	41.1
EXPANSION %	0.70	0.82	0.20	0.12	0.30	0.30
CLASIFICACION SOP.	GP-6C	—	GW-6M	—	SC	SC

Compactación (91% - 100%)

Estacion 17050 Espesor de la capa ensayada 16 cm  
 Lado 1-1 Humedad del lugar 20.7 %  
 Humedad optima obtenida en laboratorio 24.5 %  
 Peso especifico seco del lugar 1560 kg/m<sup>3</sup>  
 Peso especifico seco máximo 1620 kg/m<sup>3</sup>  
 G (%) 96.2 %

Este procedimiento se realizaba para las demas muestras con el fin de ir verificando la compactación en la capa tendida y compactada.

Compactación (95%)

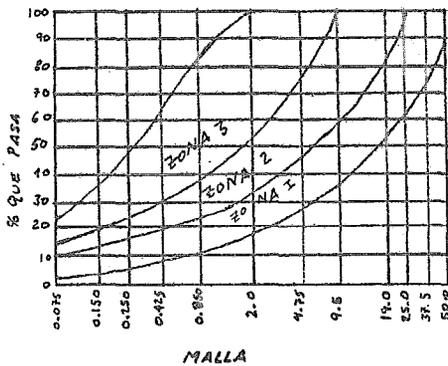
Estacion 2+750 Espesor de la capa ensayada 18.0 cm  
 Lado 1-1 Humedad del lugar 19.7 %  
 CAPA No. 3A Humedad optima obtenida en laboratorio 26.1 %  
 Peso Especifico seco del lugar 1475 kg/m<sup>3</sup>  
 Peso Especifico seco máximo 1545 kg/m<sup>3</sup>  
 G (%) 95.4 %

Lo anterior se realizo para las demas muestras, para controlar el G% en la capa tendida.

Continuamos con el material de Base Hidráulica el cual debe de cumplir con las condiciones establecidas por las E.G.C. de la S.O.P. y que a continuación mencionamos.

De granulometría, la curva que adonte el material debe quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la Zona 3 de la sig. fig. 4.1.

FIGURA No 4.1



El tamaño máximo del agregado no deberá ser mayor de 2" para material que no necesite tratamiento y de 1 1/2" para el que lo necesite.

Para límite líquido, contracción lineal y valor cementante los siguientes:

E.G.C.:Especificaciones Generales de Construcción.

ZONAS DE CLASIFICACION DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA.			
CARACTERISTICAS.	1	2	3
Límite Líquido %	30 Máx.	30 Máx.	30 Máx.
Contracción Lineal %	4.5 Máx.	3.5 Máx.	2.0 Máx.
Valor Cementante Kg/cm2.	3.5 Mín.	3.0 Mín.	2.5 Mín.

De valor relativo de soporte estándar, equivalente de arena e índice de durabilidad, los que a continuación se mencionan:

Peso total de aeronaves.	Valor relativo de soporte - - estándar.	Equivalente de Arena. (Tentativo).	Índice - de durabilidad. (Tentativo).
Hasta 20 Ton.	80 Mín.	35 Mín.	35 Mín.
Más de 20 Ton.	100 Mín.	50 Mín.	40 Mín.

Las anteriores serán las características principales con las -- cuales debe de cumplir el material de base hidráulica.

Para determinar su espesor es necesario realizar el cálculo tomando en consideración las capas de base asfáltica y carreta de concreto asfáltico, por lo que a continuación se hablará del diseño del pavimento en general.

## DISEÑO DEL PAVIMENTO.

Antes de explicar en que consistió el diseño del pavimento, se mencionarán algunas características de éste en general.

Un pavimento tiene como finalidad recibir y repartir las cargas impuestas por el tránsito a la superficie del terreno de tal manera que dichas cargas no lleguen a producir su deformación o rotura.

El concreto elaborado con cemento portland es el representante de los pavimentos rígidos y la carpeta elaborada con material pétreo mezclado con algún bitúmen de los pavimentos flexibles.

Encontramos que a un pavimento lo conforman tres elementos que son: Sub-base, base y carpeta. En el presente caso se considerará una capa de base hidráulica, una de base asfáltica y una de carpeta de concreto asfáltico.

Las funciones de las distintas capas de un pavimento se mencionan a continuación.

### a) Pavimento Flexible.

Sub-base: Su principal función es de carácter económico, ya que se trata de formar el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Otra función consiste en servir de transición entre el material de base que es más grueso y la subrasante. La Sub-base más fina que la base actúa como filtro de ésta e impide su incrustación en la subrasante. La sub-base se coloca también para absorber deformaciones perjudiciales en la subrasante, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad.

BASE: Esta capa permite reducir el espesor de la carpeta, más costosa, pero su función fundamental es proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y sub-rasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. Lo anterior es válido para base hidráulica como base asfáltica.

Cuando es base hidráulica sirve para drenar el agua que se introduce a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar.

Cuando se coloca base asfáltica es para proporcionar una mayor resistencia al pavimento, ya que 1 cm. de espesor de base asfáltica puede soportar lo que un espesor de 1.5 cm. de base hidráulica. Esto debido a que la base asfáltica es mejorada en calidad al agregarle un bitúmen.

CARPETA: Esta capa proporciona una superficie de rodamiento adecuada, con textura y color conveniente y debe resistir los efectos abrasivos del tráfico y hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

En este caso la resistencia que nos brinda la carpeta es de 1 cm. de espesor por 2 cm. de espesor de base hidráulica.

#### b) Pavimentos Rígidos.

SUB-BASE: Su función es análoga a la de una base hidráulica en un pavimento flexible y sirve también para proporcionar una superficie uniforme de apoyo a la losa y facilite su colado; protege también a la losa de cambios volumétricos en la subrasante que de otra manera induciría esfuerzos adicionales a aquella. Los efectos de bombeo y otros análogos se pueden controlar bas

tante bien con una sub-base apropiada. En este caso la sub-base no tiene ningún fin estructural, pues la losa es suficientemente resistente para soportar las cargas. La sub-base casi no influye en el espesor de la losa de caminos e influye muy poco en aeropistas.

LOSA: Su función es la misma que la carpeta de pavimento flexible, que es soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que se le apliquen.

En este caso nos avocaremos al tipo de pavimento flexible que fué el elegido para este aeropuerto y determinaremos los diferentes espesores estructurales.

Hablando de lo que es el diseño en sí, se mencionan a continuación los datos básicos que se tomaron en consideración.

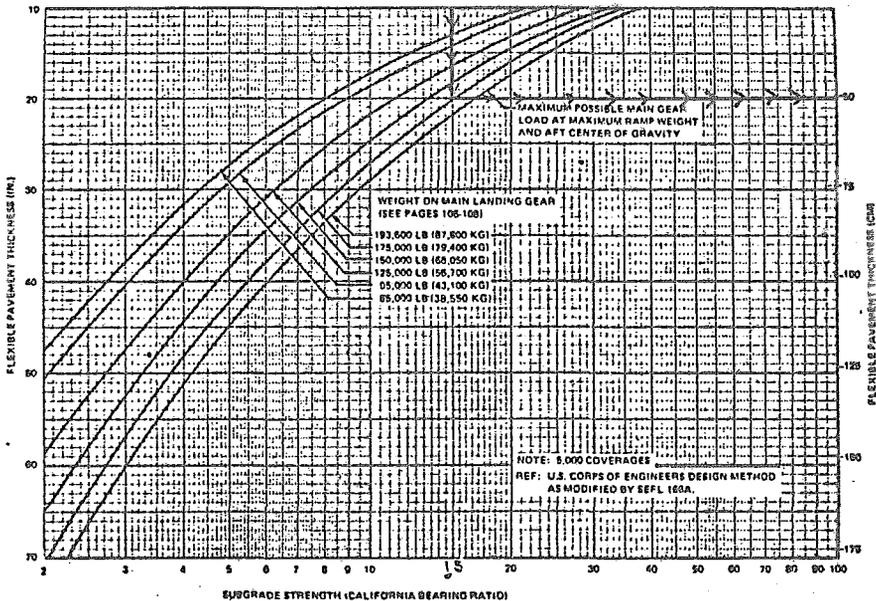
#### a) Características de la Capa Subrasante.

Del estudio de préstamos de materiales para capa subrasante -- se desprende que el VRS de diseño, determinado de acuerdo con pruebas que emplea el Cuerpo de Ingenieros, es de un 15% como promedio obtenido en los materiales provenientes de los bancos Préstamo Lateral y Peñuelas y considerando que dicha capa de subrasante se compactará al 100%.

#### b) Tránsito Aéreo.

El tipo de avión considerado fue un Boeing 727-200. con un peso máximo de despegue de 78.5 ton. dato obtenido de su manual.

Debido a la magnífica calidad que presentaron los materiales -- propuestos para la capa subrasante, se considera que los pavimentos tendrán espesores mínimos en su estructuración; siendo --



GRAFICA No. 4.1

Gráfica para determinar el espesor del pavimento en función del VRS obtenido en la capa subrasante.

Gráfica proporcionada por el cuerpo de Ingenieros del Ejército de U.S.A.

Con el valor del VRS de 15 % se entra en la gráfica en el eje de las abscisas y se traza una línea vertical que intercepte a la curva que represente el peso del avión, que en este caso es de 78.5 toneladas, pero como se puede observar la gráfica no contiene este valor, por lo que se toma el inmediato superior que es de 79.400 toneladas. Una vez hecha la intercepción se traza una línea horizontal que intercepte al eje de las ordenadas (que es el eje de los espesores) y con esto obtenemos el espesor de pavimento con que deberá contar la Pista y que será de 51 cm..

que la vida útil del pavimento considerada será del orden de -- 5,000 cubrimientos. Entendiéndose por cubrimientos el número -- de pasadas de una rueda que es preciso efectuar para cubrir por completo el tercio central de la pista con trayectorias paralelas contiguas. No obstante se sugiere que se debe de estudiar el concepto de cubrimiento para los aeropuertos mexicanos ya -- que estos en general carecen de Calles de Rodaje laterales a la pista, además de que las modernas aeronaves concentran su peso en anchos muy reducidos.

b) Tránsito Terrestre.

El tipo de vehículos considerado es un automóvil con un peso -- máximo cargado de 2 Ton. siendo que el mayor número de vehícu-- los que circulará serán de este tipo y una mínima parte vehícu-- los pesados con un peso máximo cargado de 16.6 Ton.

El criterio de diseño empleado para determinar el espesor de pavimentos en las áreas de pista, calles de rodaje y plataforma -- de operaciones fué usando las curvas de diseño del Cuerpo de In-- genieros de los Estados Unidos.

A continuación se explica el cálculo del espesor del pavimento-- es decir de base hidráulica, base asfáltica y carpeta de concre-- to asfáltico.

Considerando un valor del CBR promedio de 15% y una carga de -- 78.3 Ton. se entra en la gráfica No. 4.1., la cual nos brinda -- un valor de 51 cm. de pavimento.

Considerando que por especificación se debe de construir un es-- pesor mínimo por capa de 3 d. siendo d el diámetro del agregado máximo a emplear y que el espesor mínimo de carpeta debe ser --

igual a 7 cm. cuando el tren de aterrizaje es de doble rodada; Considerando los tamaños de los agregados máximos para base hidráulica de 38 mm. base asfáltica de 25 mm. y carpeta de concreto asfáltico de 19 mm. obtenemos los siguientes espesores:

Base hidráulica.....  $3(38) = 114 \text{ mm.} \approx 12 \text{ cm.}$   
Base asfáltica:.....  $3(25) = 75 \text{ mm.} \approx 8 \text{ cm.}$   
Carpeta de concreto asfáltico.....  $3(19) = \underset{\text{a } 7 \text{ cm.}}{57} \text{ mm. se eleva -}$

Considerando las siguientes equivalencias en resistencia en relación al espesor:

1 cm. de B.A. = 1.5 cm. de B.H.  
2 cm. de C.C.A. = 2 cm. de B.H.

Lo anterior se desprende de que el pavimento se quiere construir con el material más económico posible y de los tres que se pretenden emplear es el de Base Hidráulica, se realiza la equivalencia anterior; por lo que al multiplicar los espesores mínimos por su equivalente de B.H. obtenemos:

Base Hidráulica.....  $1(12) = 12 \text{ cm.}$   
Base Asfáltica.....  $1.5(8) = 12 \text{ cm.}$   
Carpeta de Concreto Asfáltico.....  $2(7) = \frac{14 \text{ cm.}}{38 \text{ cm.}}$

Haciendo la comparación del espesor obtenido con la gráfica y el obtenido con espesor mínimo, el primero se encuentra aceptable ya que se encuentra arriba de lo que sería el espesor mínimo por construir.

Considerando que los 51 cm. de pavimento se obtuvieron empleando la carga de despegue del avión, se tiene que completar este espesor, pero tomando en cuenta que la construcción del pavimen

to se debe de efectuar con el material más económico posible, - sin afectar la condición estructural, por lo que al hacer la diferencia entre espesor obtenido con gráficas y el obtenido por- espesor mínimo observamos que dicha diferencia puede ser absor- vida por la base hidráulica.

$$51 - 38 = 13 \text{ cm.}$$

Por lo que al revisar la suma sin variar el espesor de base --- asfáltica y carpeta asfáltica se tiene:

$$\begin{array}{r} 25 \text{ cm. de B.H.} \\ + \quad 12 \text{ cm. de B.A.} \\ \quad \underline{14} \text{ cm. de C.A.} \\ 51 \text{ cm.} \end{array}$$

Con lo anterior se llegó a una estructuración del pavimento co- mo sigue:

a) Una base hidráulica de 25 cm. de espesor en las cabeceras y- en los tercios central e interno de la pista 17-35, así como en las calles de rodaje y plataforma y de 33 cm. de espesor en el- tercio externo de la pista.

Esto considerando que por el tercio externo de la pista no cir- culará generalmente el avión, por lo que se elimina la base as- fáltica de esa parte, completando el espesor con base hidráuli- ca.

b) Una base asfáltica de 8 cm. de espesor que cubrirá los 45 -- mts. de ancho de las cabeceras y 30 mts. en los tercios interno y central de la pista 17-35 y todo el ancho de las calles de ro- daje y plataforma.

c) Una carpeta asfáltica de 7 cm. de espesor en la pista, calles

de rodaje y plataforma de operaciones.

d) En los acotamientos que tendrán un ancho de 7.5 mts. en la pista y de 8 mts. en las calles de rodaje y plataforma, se - - construirá una base hidráulica de 15 cm. de espesor y una carpeta asfáltica de 4 cm. de espesor hechos con los mismos materiales usados en el pavimento.

En este caso el acotamiento sirve para alojar luces de apoyo a las aeronaves y por el mismo circulen vehículos que presten un servicio especial a los aviones o dentro del aeropuerto. Por lo que en sí el acotamiento es un camino, y que en algún momento - circulen por él las aeronaves, por accidente o cosa similar, - - aunque no este diseñado para ese fin.

En la estructuración se tomó en cuenta que en una pista las zonas críticas son las cabeceras de la pista, calles de rodaje y plataforma. La zona menos crítica es la zona central de la pista, ya que el avión por medio de la sustentación que ostenta en ese tramo, ya sea al despegar ó aterrizar, ayuda a no concentrar su peso en dicha zona.

Para el diseño estructural del camino se utilizó el procedimiento recomendado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. En este procedimiento el volumen de tránsito real se convierte a tránsito equivalente de ejes sencillos de 8.2 ton., mediante la aplicación adecuada de los coeficientes de daño por tránsito para vehículos típicos. Estos coeficientes se observan en la tabla siguiente, proporcionada por el mismo Instituto.

CARACTERISTICAS.					COEFICIENTE DE DAÑO.				
		PESO TON.		P.	CARGADO.				
	EJE	GARGADO	VACIO.	KG/CM <sup>2</sup> .	Z=0	Z=15	Z=22.5	Z=30	
<i>A<sub>p</sub></i>		1	1.0	0.8	2.0	0.0023	0.000	0.000	0.000
	2	1.0	0.8	2.0	0.0023	0.000	0.000	0.000	
	3								
	Σ	2	1.6	-	0.0046	0.000	0.000	0.000	
	1	2.6	1.7	5.0	0.44	0.025	0.008	0.003	
	2	14.0	5.2	5.0	0.44	0.650	0.650	0.650	
		3							
	Σ	16.6	6.9	-	0.88	0.675	0.658	0.657	

NOTA: Unicamente se colocaron de los vehiculos considerados que circularan.

Considerando que el vehículo que circulara por el camino es el de 2.0 ton. y el período de diseño es del orden de 15 años y en ese período se considera que pasarán un millón de vehículos y - tomando en consideración el valor del CBR de 15% obtenido de la capa subrasante se entra en la gráfica No. 4.2, proporcionada - por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. de donde se desprende un espesor de pavimento de 23 cm.

Considerando que para caminos, por especificación de la SOP. -- el espesor mínimo de carpeta es de 4 cm. y que el espesor mínimo construido de base hidráulica será de 15 cm., ya que si aplicamos el criterio de espesor mínimo igual a 3 d.nos da un espesor de 12 cm. y se tendría que elevar a 15 cm.

Por lo anterior el espesor de pavimento quedaría como sigue:

Base hidráulica..... 15 cm.  
Carpeta asfáltica..... 4 cm.

pero cambiando a equivalente de base hidráulica por resistencia haciendo la consideración que se hizo para el diseño de pavimento de pista, nos queda como sigue:

B.H..... 1(15) = 15 cm.  
C.A..... 2( 4) = 8 cm.  
23 cm.

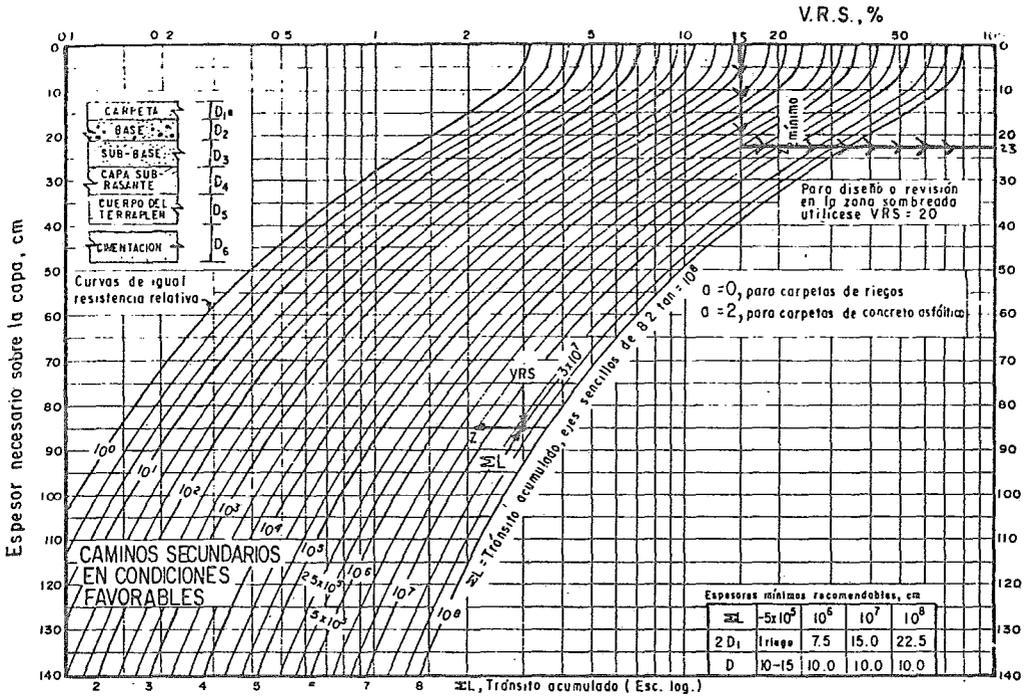
Observándose que este espesor es igual que al obtenido con la gráfica No. 4.2., por lo que se aceptó.

El pavimento se construirá con los mismos materiales que para la pista, ya que estos reúnen las características adecuadas para emplearse en el camino y estacionamiento, además de que en -

una pista se exige un mejor material que en un camino.

La estructuración de pavimentos se observa en el plano

No. 4.1.



C-2

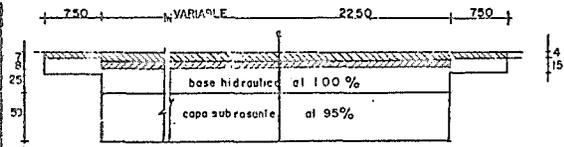
CARRETERAS DE BAJO TRANSITO

Gráfica de diseño de espesores de pavimentos en carreteras, según el instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. (Ref. 79)

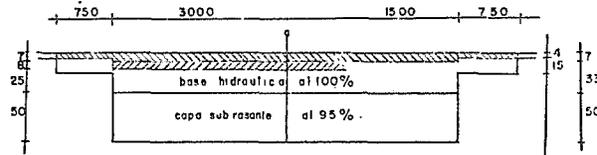
Figura IX-26. Espesores de pavimentos en carreteras según el V.R.S.

GRAFICA No. 4.2

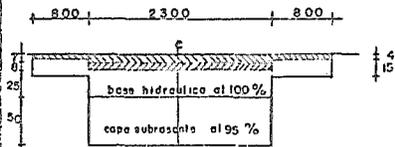
Con el valor del V.R.S. de 15% de la subrasante se entra en la gráfica, y una vez localizado dicho valor se traza una línea vertical hasta cruzar la línea que corresponda al valor de  $10^6$  que es el número de vehículos o tránsito acumulado que se considera que pasará en el período de 15 años. A partir de este punto de intercepción se traza una línea horizontal hasta el eje de las ordenadas, que es el de los espesores de pavimento, y donde encontramos que el espesor, en este caso será de 23 cms.



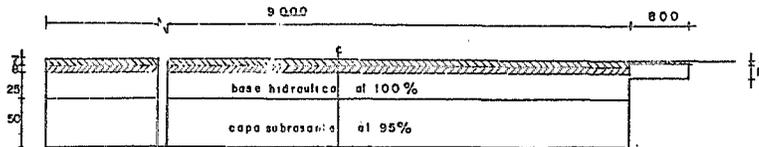
SECCION A-A' CABECERAS 17-35



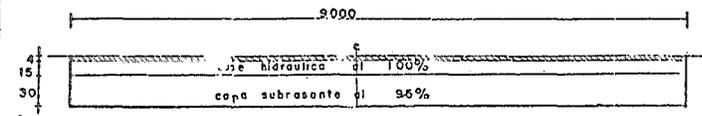
SECCION B-B' PISTA 17-35



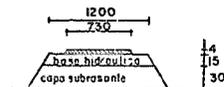
SECCION C-C' CALLES DE RODAJE 1 Y 2



SECCION D-D' PLATAFORMA DE OPERACIONES



SECCION E-E' ESTACIONAMIENTO



SECCION F-F' CAMINO DE ACCESO

-  BASE ASFALTICA
-  CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO

U	E.N.E.P. ACUILAN
H	INGENIERIA CIVIL
A	AEROPUERTO DE AGUASCALIENTES
II	SECCIONES ESTACIONADAS
JUAN CARLOS	PLANO No. 4.3

Para el control de base hidráulica en campo se realizaron sondeos de la misma forma que para las terracerías. Al material obtenido se le efectuaron las pruebas necesarias de laboratorio para determinar los valores de los conceptos que se mencionan como especificaciones y con los cuales debe de cumplir para aceptarse como bueno.

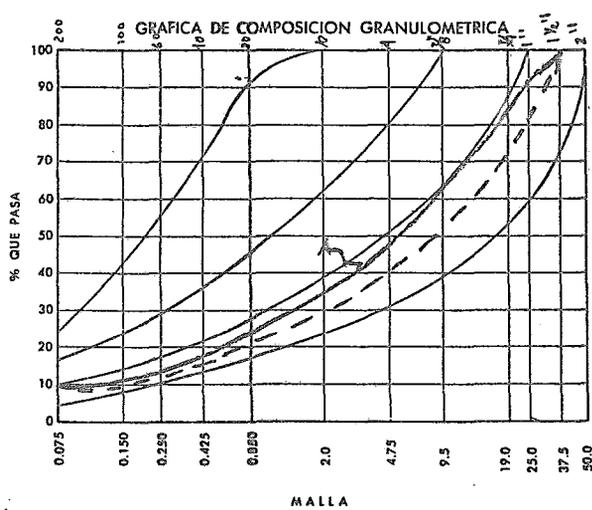
A continuación se expone un informe de base hidráulica, con todas sus características y valores obtenidos.

INFORME DE ENSAYE EN MATERIALES PARA SUB-BASE Y BASE

OBRA Aeropuerto Federal de Apucarquer ENSAYE N° 10772/10787  
 LOCALIZACION \_\_\_\_\_ FECHA DE RECIBO \_\_\_\_\_  
 (CIUDAD, CAMINO, TRAMO, KILOMETRO, ORIGEN DEL CADENAMIENTO, ETC.) FECHA DE INFORME \_\_\_\_\_

DATOS DEL MUESTREO  
 MATERIAL PARA CAPA DE: SUB-BASE  BASE   
 DESCRIPCION PETROGRAFICA DEL MATERIAL Runita triturada totalmente  
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO Material tomado en proceso de tendido  
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO \_\_\_\_\_  
 UBICACION DEL BANCO El Pequeño No III

P.E. SECO SUELTO kg/m <sup>3</sup>	1318	1305
P.E.S. MAXIMO kg/m <sup>3</sup>	1935	1925
HUMEDAD OPTIMA %	8.9	7.8
P.E. DEL LUGAR kg/m <sup>3</sup>		
HUMEDAD DEL LUGAR %		



MALLA	% RETENIDO	
	EN 50.0	
EN 37.5	1.8	1.2
% QUE PASA		
50.0		
37.5	100	100
25.0	98	95
19.0	75	84
9.5	52	61
4.75	36	44
2.00	30	36
0.85	22	27
0.425	16	20
0.250	13	16
0.150	11	13
0.075	8	10

V.R.S. (ESTANDAR) %	125.0	125.0
EXPANSION %	0.20	0.10
VALOR CEMENTANTE kg/cm <sup>2</sup>	23.4	13.0
EQUIVALENTE DE ARENA %	25.6	21.6

PRUEBAS EN MAT. MAYOR QUE LA MALLA Núm. 9.5	
ABSORCION %	3.7
DENSIDAD	2.24
DURABILIDAD	

PRUEBAS SOBRE MATERIAL TAMIZADO POR LA MALLA Núm. 0.425				
LIMITE LIQUIDO %	24	26	EQUIV. HUM. DE CAMPO %	A
LIMITE PLASTICO %			CONTRACCION LINEAL %	1.8 - 2.8
INDICE PLASTICO %			CLASIFICACION SOP	

Sacando valores para realizar la comparación, tanto de especificaciones como de laboratorio.

CARACTERISTICAS.	DE LABORATORIO.	DE ESPECIFICACIONES.
1.- Límite líquido %	24	30 Máx.
2.- Contracción lineal %	1.8	4.5 Máx.
3.- Valor cementante %	23.4	3.5 Mín.
4.- Equivalente de Arena %	25.6	50 Mín.
5.- Índice de Durabilidad %	38	40 Mín.
6.- Valor relativo de soporte.	125	100 Mín.

Como se podrá observar en la gráfica del informe, la curva cae dentro de la zona 1, por lo tanto, los valores de los tres primeros se toman para dicha zona.

Realizando la comparación, se puede observar que el concepto 3- esta elevado para el valor obtenido en laboratorio y el concepto 4 esta bajo. Esto es debido que van relacionados uno con el otro, ya que el equivalente de arena es una prueba para valuar en forma cualitativa la cantidad y la actividad de los finos -- que existen en la mezcla de partículas que constituyen el suelo que se va a utilizar y se expresa como sigue:

$$E.A. = \frac{\text{Lectura en el nivel superior de la arena} \times 100}{\text{Lectura en el nivel superior de la arcilla.}}$$

Las lecturas se pueden realizar ya que la prueba se realiza en una probeta graduada, por su parte el valor cementante es mayor que el de especificaciones por lo que el banco de material El Refugio en esa fase de explotación presentaba una buena condi--

ción para que al salir de la trituradora el material saliera -- directamente a la zona de tiro sin agregarle otro tipo de material para mejorarlo, únicamente se le agregaba el agua indispensable para darle la compactación del 100% estimada.

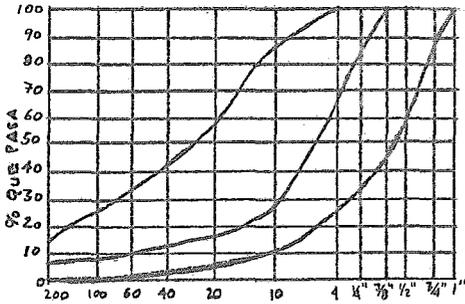
El índice de durabilidad anda bajo pero como el de especificación es tentativo, el valor proporcionado por laboratorio se toma como bueno; y refiriéndonos a los demás conceptos están dentro de especificaciones.

Continuando con el procedimiento, mencionaremos las características con las cuales debe de cumplir el material que se quiere emplear para base asfáltica y carpeta de concreto asfáltico. La razón por la cual trataremos en conjunto las dos capas, se debe a que las especificaciones con las cuales deben de cumplir, son las relacionadas a carpeta asfáltica, variando únicamente en el tamaño máximo del agregado, ya que para base asfáltica es de 1" y para carpeta asfáltica 3/4" y en la curva granulométrica es donde también varían.

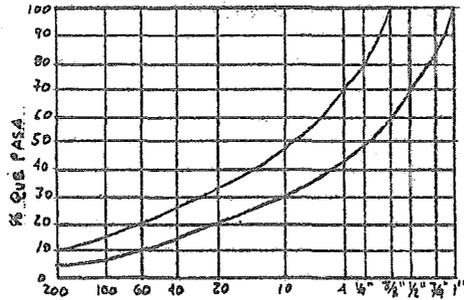
A continuación mencionaremos las especificaciones con las cuales deben de cumplir.

De granulometría para base asfáltica, la curva que adopte, deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1, y el superior de la zona 2, de la gráfica No. 4.3.

La curva granulométrica para carpeta asfáltica deberá quedar comprendida en la zona limitada por las dos curvas de la gráfica No. 4.4.



MALLA  
GRAFICA No 4.3.



MALLA  
GRAFICA No 4.4.

- De contracción lineal, para material pétreo.....2% máximo
- De desgaste los angeles para material pétreo.....40% máximo
- De forma de las partículas alargadas y/o en forma de-laja. -35% máximo
- De equivalente de arena.....55% mínimo
- Valor de estabilidad.....700 Kg. mínimo
- Absorción.....5% máximo
- De vacíos..... 3 -5%

De vacios en el agregado mineral..... 14% para carpeta y 13% -  
para base (mínimos)  
Flujo..... 2 - 4 mm.

Con lo anterior quedan establecidas las características con las cuales debe de cumplir dicho material del banco El Refugio.

Para el diseño de sus espesores, estos fueron determinados en el cálculo que se realizó en conjunto para Base Hidráulica, Base Asfáltica y Carpeta de Concreto Asfáltico.

Para el control de calidad tanto de Base Asfáltica como de la Carpeta Asfáltica se realizó de la siguiente manera:

Primeramente se tomaba una muestra de material (mezcla) de un camión, esto se realiza dependiendo de la producción que se tenga y que tan lejos se encuentre el tiro, de esta muestra se pesaban 200 gr. que es la cantidad mínima representativa de la mezcla o producción que se está realizando, de estos 200 gr. se obtuvo la cantidad en gramos de cemento asfáltico y con lo cual se determinó el tanto por ciento (%) en mezcla a la vez que se obtenía el contenido de asfalto en el material pétreo.

Los contenidos de asfalto obtenidos fueron los siguientes:

6.6% en mezcla.

7.1% en el agregado.

La verificación del tanto por ciento (%) de vacios, estabilidad y flujo en las capas que se construian se verificaron realizando una prueba tipo Marshall, la cual por no ser objeto de este trabajo no se describe.

Entendemos que estabilidad es la resistencia a la compresión de

una pastilla elaborada con el mismo material que se construye ron las capas, su medición se realiza con un extensómetro.

Por flujo se entiende que es la deformación horizontal que su fre la pastilla con la presión que se aplica por estabilidad, su medición se realiza con un micrómetro en mm.

La estabilidad que se requiere por especificación en las pasti llas no debe ser menor a 200, que es la lectura en el extensó- metro y que equivale a 700 Kg. en carga real aplicada, dado -- que se requiere un grado de compactación del 100%, y la trans- formación de la lectura del extensómetro a Kg. se realiza por- medio de una gráfica proporcionada por el método Marshall.

El grado de compactación se obtiene con la relación:

$$\frac{PVC}{PVL} \times 100$$

donde PVL es el peso volumétrico de laboratorio (proyecto)

PVC es el peso volumétrico de campo.

A continuación se reporta una gráfica de carpeta asfáltica de - la cual extraeremos los valores necesarios para realizar la com paración.

### REPORTE DE CONCRETO ASFALTICO

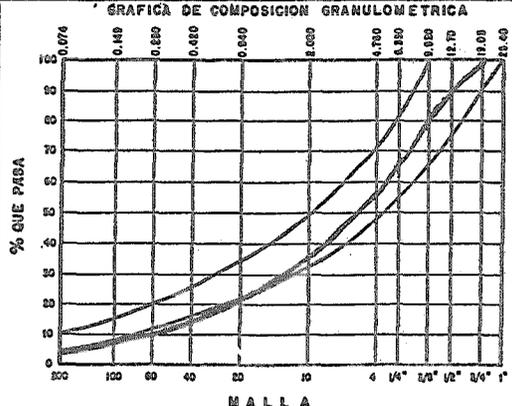
MATERIAL <u>CARPETA ASFALTICA</u>	EXPEDIENTE <u>25</u>
ENVASE NUM <u>7393</u>	FECHA RECIBO <u>17-IV-82</u>
ENVASADA POR <u>Oficina de la Planta</u>	FECHA INFORME <u>22-VI-82</u>
PROVENIENCIA <u>Materiales tomados de la planta asfáltica y tendida en las Km. 0+160 a 0+210 y 0+205 a 0+215. Franja de Lavado Pista 17-35 del Aeropuerto de Aps.</u>	

### PRUEBAS SOBRE MATERIAL PETREO

CLASIFICACION PETROGRAFICA  
Bulto tendido totalmente

PESO VOL. SUELTO, Kg/m<sup>3</sup> 2370  
 QUE PASA MALLA, %  
 1" 100  
 3/4" 91  
 1/2" 82  
 3/8" 67  
 No. 4 57  
 " 10 35  
 " 20 21  
 " 40 14  
 " 60 9  
 " 100 7  
 " 200 4

DENSIDAD 2.34  
 ABSORCION, % 3.4  
 DESGASTE, % 34.0  
 PARTICULAS ALARGADAS, % 39.8  
 PARTICULAS EN FORMA DE LAJA, % 21.2  
 EQUIVALENTE DE ARENA 50.1



### CARACTERISTICAS DEL ASFALTO

TIPO C.A.N.E  
 TEMPERATURA RECOMENDABLE DE APLICACION 150°C  
 PENETRACION

CONT. OPT. DE ASFALTO (%) 7.0  
 PESO VOL. MAX. EN MEZCLA COMPACTA (Kg/m<sup>3</sup>) 2242  
 AFINIDAD CON EL ASFALTO

GRADO DE COMPACTACION EN CARPETA % 98.7  
 CONT. ASFALTO EN MEZCLA 6.6  
 PERMEABILIDAD DE LA CARPETA

OBSERVACIONES:  
 VACIOS (%) 6.45  
 V.A.M. (%) 19.54  
 ESTABILIDAD (Kg) 9.59  
 Flujo (mm) 3.27

Especificaciones:  
 3 - 5  
 14% minimo  
 700 Kg minimo  
 2-4 (mm)

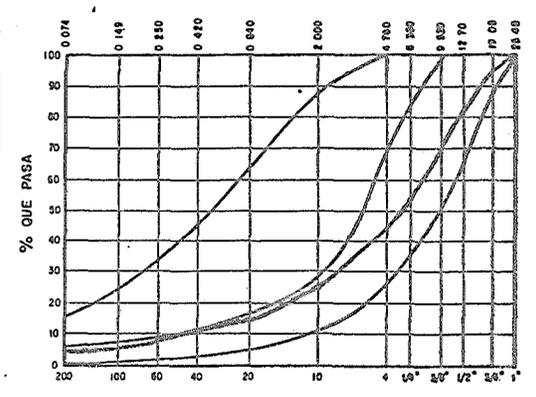
### REPORTE DE MEZCLAS ASFALTICAS

MATERIAL <u>BASE ASFALTICA</u>	EXPEDIENTE <u>19</u>
ENVASE NUM <u>1065</u>	FECHA RECIBO <u>21-V-82</u>
ENVASADA POR <u>Oficina de Laboratorio</u>	FECHA INFORME <u>15-IV-82</u>
PROVENIENCIA <u>Muestra tomada de la planta asfáltica y tendida en las Km. 0+522 a 0+584 y 0+730 a 0+790 de la Franja de Lavado y Lavado de Pista 17-35 del Aeropuerto de Aps.</u>	

### PRUEBAS SOBRE MATERIAL PETREO

CLASIFICACION PETROGRAFICA  
Bulto tendido totalmente  
 PESO VOL. SUELTO, Kg/m<sup>3</sup> 2078  
 QUE PASA MALLA, %  
 1" 100  
 3/4" 95  
 1/2" 83  
 3/8" 72  
 1/4" 53  
 No. 4 45  
 " 10 35  
 " 20 15  
 " 40 11  
 " 60 8  
 " 100 6  
 " 200 5

DENSIDAD 2.25  
 ABSORCION, % 1.7  
 DESGASTE, % 3.10  
 PARTICULAS ALARGADAS, % 36.2  
 PARTICULAS EN FORMA DE LAJA, % 18.2  
 EQUIVALENTE DE ARENA 50.1



### CARACTERISTICAS DEL ASFALTO

TIPO C.A.N.E  
 TEMPERATURA RECOMENDABLE DE APLICACION 150°C  
 PENETRACION

CONT. OPT. DE ASFALTO (%) 6.5  
 PESO VOL. MAX. EN MEZCLA COMPACTA (Kg/m<sup>3</sup>) 2203  
 AFINIDAD CON EL ASFALTO BUENA

GRADO DE COMPACTACION EN CARPETA % 98  
 CONT. ASFALTO EN MEZCLA 6.8  
 PERMEABILIDAD DE LA CARPETA

OBSERVACIONES:  
 VACIOS (%) 4.67  
 V.A.M. (%) 16.10  
 ESTABILIDAD (Kg) 861  
 Flujo (mm) 2.97

Especificaciones:  
 3 - 8 %  
 13 % minimo  
 700 Kg minimo  
 2-4 (mm)

Realizando la comparación se observa que los valores obtenidos de la mayoría de los conceptos están dentro de especificaciones excepto el equivalente de la arena que anda bajo pero como los conceptos que influyen en forma predominante en la resistencia de las capas están dentro de tolerancias, se considera aceptable.

Los conceptos principales que influyen en la resistencia son: - % de vacíos, estabilidad, flujo y desgaste. El primero para B. A. está dentro de especificaciones, para C.A. esta fuera de tolerancia, si quisieramos meter el material dentro de tolerancia, tendríamos que usar más material fino, lo cual no es recomendable ya que su condición de resistencia se vería disminuída, además de que el E.A. bajaría aún más, por lo que se seguía trabajando de esta manera cuidando que no se disparara dicho valor.

El segundo como podrá observar esta más que dentro de especificaciones y que en cierta medida es el que más interesa ya que su valor se obtiene de aplicar cargas reales, el tercero que es flujo, también esta dentro de tolerancia y es bueno éste, ya que está en función de la estabilidad.

Por último el desgaste, está considerado dentro de un término bueno ya que para llegar a su valor máximo tolerable, tiene buen margen.

Como se puede observar no necesariamente se tienen que cumplir todas las especificaciones tal y cual son; hay que tener un criterio que nos permita observar que no por querer meter en especificación un concepto sea en deterioro de otro, y que nos pueda perjudicar en la resistencia estructural del elemento, que en última instancia es lo que más interesa.

Concepto.		Base Asfáltica.	C.Asfáltica.	Especif.
Contracción Lineal	%.	1.8	1.8	2 máximo.
Partículas alargadas.	%.	36.7	34.8	35 máximo.
E. de arena.	%.	50.1	50.1	55 mínimo.
Valor de estabilidad.	Kg.	861	959	700 mínimo.
Absorción.	%.	5.3	3.4	5 máximo.
Vacios.	%.	4.7	6.45	3 - 8 (B.A), 3 - 5 (C.A)
Desgaste.	%.	31.0	31.0	40 máximo.
V.A.M.	%	16.40	19.54	13mín.B.A.;- 14mín.C.A.
Flujo.	mm.	2.97	3.27	2 - 4 mm.

Para verificar el grado de compactación se obtuvo el peso específico del material (PVC) igual a 2016 Kg/m<sup>3</sup>. y considerando un peso específico de laboratorio igual a 2042 Kg/ m<sup>3</sup>. por lo que:

$$G(\%) = \frac{2016}{2042} \times 100 = 98.7\% \text{ para carpeta.}$$

Para base asfáltica se realizó el mismo procedimiento.

El grado de compactación de 98.7% es aceptable, ya que en la práctica es muy difícil de obtener un valor del 100% constante.

CAPITULO . V.

PROCESO CONSTRUCTIVO.

## PROCESO CONSTRUCTIVO.

Antes de iniciar la descripción de los trabajos realizados en ba se al programa de obra, se hace necesario en primer lugar dar -- una breve descripción de los trabajos en común que se efectuaron en el aeropuerto y que pueden ser nombrados como aspectos generales y que a continuación se mencionan:

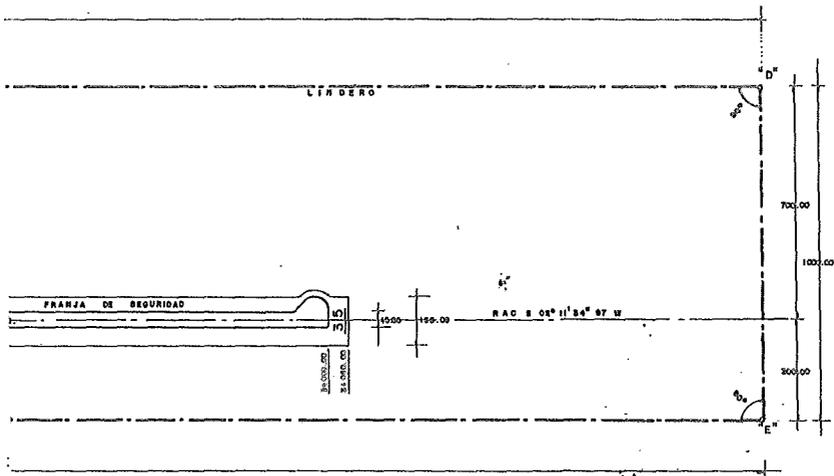
El área sobre la que se construyó el aeropuerto es una zona de - lomerio muy suave, constituida principalmente por arcilla de alta plasticidad, clasificándose el tipo de vegetación de la re---- gión en: montes de regiones desérticas, zonas cultivables o pastizales.

El frente de ataque inicial fué el camino de acceso el cual en-- tronca con la carretera Aguascalientes - Lagos de Moreno en el - Km. 66+540 al igual que con el camino de terracerías que conduce a tanque de Jiménez, partiendo en el Km. 3+112 del mismo, éste - fué utilizado como acceso provisional y cuyo trazo se puede ob-- servar en el plano 5.1.

En el plano 5.1. se muestra la localización del pozo de agua del cual se abastecieron las pipas que tienen una capacidad de 4500- lts. para incorporarla a los materiales que formaron las diferentes capas de terraplén, súbrasante y base hidráulica.

Este pozo fué expropiado a los ejidatarios del lugar, ya que se localiza dentro de los terrenos o límites del aeropuerto, el - - agua servía para el riego en tierras de labor. Como se podrá -- observar no hubo necesidad de realizar una perforación para ex-- traer el agua cuyo manto se encuentra a 94.5 mts. de profundidad y se utiliza una bomba de 10" la cual puede elevar el agua hasta una altura de 100.00 mts. que es la altura de bombeo máximo, - -

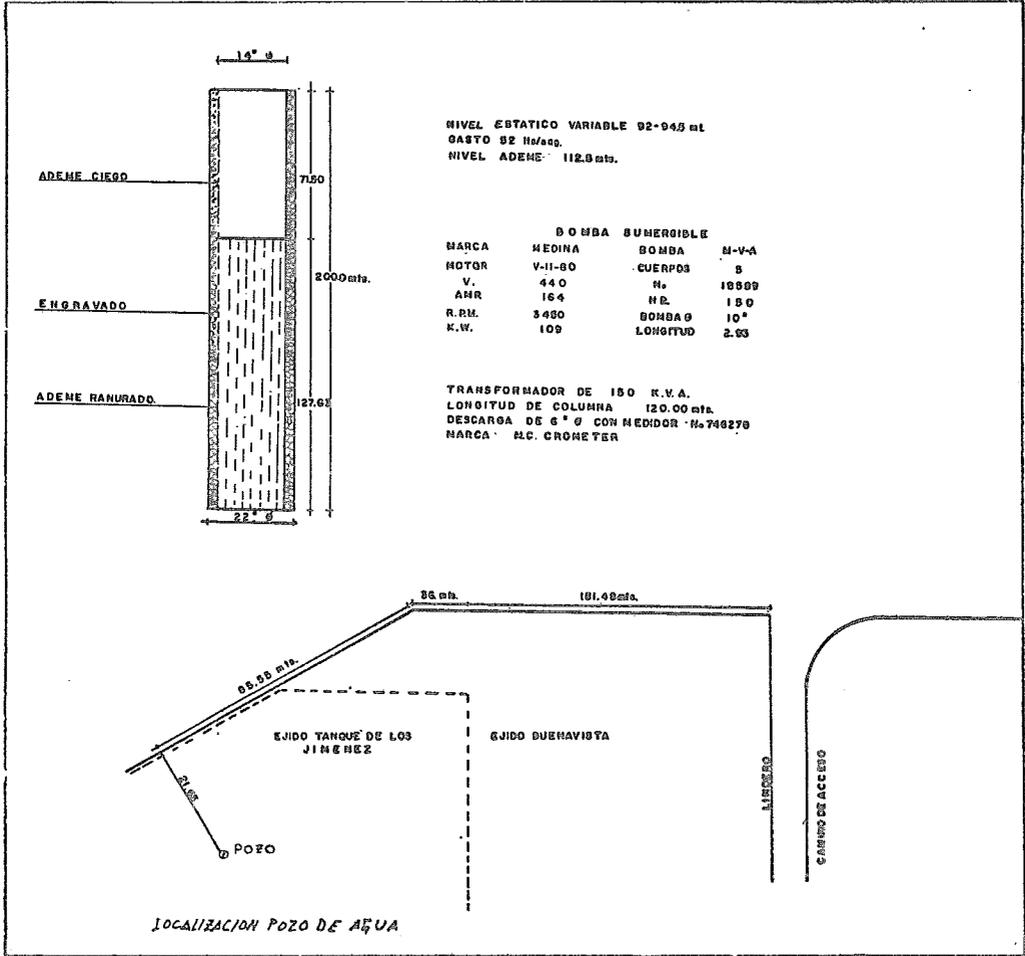
A AGUASCALIENTES  
Km. 27.500



Esc. 1:

U N A M	E. N. E. P. ACATLAN	
	INGENIERIA CIVIL	
	AEROPUERTO DE AGUASCALIENTES	
	PLANO GENERAL	
JUAN CARLOS ALVARADO J.		PLANO N° 5.1.

DATOS DE POZO DE AGUA



utilizando un tubo de 6" ya que el volumen que arroja el pozo es de 52 lts/seg., que es suficiente para cubrir las necesidades de los trabajos realizados.

Para almacenar el agua y garantizar el abastecimiento necesario se construyó un depósito a una distancia de 1 km. aproximadamente de la pista 17-35. La construcción se realizó empleando un tractor D85 de orugas con hoja topadora que realizó un corte a una profundidad de 1.50 mts., aproximadamente en una superficie de 20 X 15 mts. Con lo anterior se logró tener un volumen almacenado de 200 m<sup>3</sup>. aproximadamente.

Como el proceso constructivo empleado en cada una de las áreas de maniobras, pista 17-35, calles de rodaje, plataforma de operaciones y camino de acceso es el mismo, se hará únicamente referencia a la construcción de la primera ya que se considera como el elemento representativo de lo que se realizó en el aeropuerto.

Como en todo tipo de construcción se hace necesario antes de iniciarla, la elaboración de un programa de obra, en que se defina y presente sistemáticamente el conjunto de actividades a desarrollar que han sido bien individualizadas como tareas o actividades, agrupándolas según su naturaleza y función.

Por lo que a continuación se expone dicho programa de obra, obtenido después de un análisis de ruta crítica, haciendo una breve descripción de cada uno de los conceptos que intervinieron en el proceso.

#### DESMONTE.

La actividad de desmonte se refiere al despeje de la vegetación



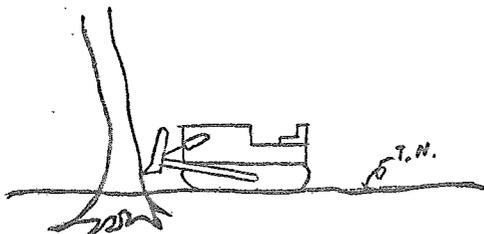


existente en el derecho de vía y en las áreas destinadas a bancos, con objeto de evitar la presencia de materia vegetal en la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad, de acuerdo con lo fijado en el proyecto.

El desmonte comprende la ejecución de la tala; que consiste en cortar los árboles y arbustos; roza es quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras; desenraice, es sacar los troncos con raíces o cortando éstas; limpieza y quema, consiste en retirar el producto del desmonte a un lugar que no afecte las obras, estibarlos y quemarlo. La densidad de la vegetación se consideró uniforme.

El desmonte se realizó en primer lugar en la pista 17-35 y auxiliar 04-23 en una franja de 150 mts., en las calles de rodaje en una franja de 65 mts., en el área de plataforma de operaciones y aviación general, de estacionamiento, camino de acceso, zona de edificios, de combustibles y en el área de préstamo lateral del camino de acceso.

La actividad se efectuó atacando la pista 17-35 con un tractor D85 de orugas provisto de hoja topadora, el cual realizó un ataque frontal penetrando 10 cms. la hoja, para realizar la roza y desenraice; la tala se realizó en forma tal que formaba un ángulo la hoja con el nivel del suelo para evitar que cayera el árbol sobre el tractor y los tocones que quedaban se quitaban al realizar el desenraice. El tractor D85 abarca un ancho de 3.80 mts. con la hoja topadora que era el ancho de la franja y con una longitud de avance de 50 mts. como promedio con lo cual se observó un rendimiento de 0.9 ha/hr. El área que se desmontó fué de 430 has. que representa toda la superficie del aeropuerto.



Los árboles, arbustos y hierbas que no representaban en si un -  
recurso aprovechable, eran estibados por el mismo tractor fuera  
de las áreas de maniobra para su quema, la cual se realizó im--  
pregnándolos de gasolina.

DESPALME.

El despalme se refiere a la eliminación de la capa de tierra su

perifical contaminada con la materia vegetal y tiene como propósito descubrir el terreno de despalme para la construcción y de los bancos de materiales para su explotación.

Su espesor es función del tipo de vegetación existente y la geología del sitio.

Previo al despalme de bancos de préstamo lateral se realiza el seccionamiento de la superficie probable de ataque, efectuándolo nuevamente antes de iniciar la extracción dejando las referencias y bancos de nivel.

La capa de tierra arcillosa vegetal que se encontraba en la superficie, tanto de las áreas de maniobras como del banco de préstamo para terraplenes, cuyo espesor fluctuaba entre un 0.25 y 0.60 mts., se retiró en su totalidad.

El producto del despalme o corte somero, como puede llamarse también se empleo en la construcción de las franjas de seguridad de la pista y calles de rodaje.

El despalme se efectuó una vez realizado el desmonte, en una longitud de 500 mts.

El despalme del banco de material para la formación de terracerías en la pista 17-25 se inició con un tractor D85 de orugas provisto de una hoja topadora la cual penetraba 30 cms. para desalojar la capa vegetal existente, su clasificación fué designada tipo A que puede ser removida con pico y pala, pero por su gran volumen se hizo necesario el empleo del tractor D85, el cual realizaba un avance de 50 mts., por 3.80 mts. de ancho aproximadamente con un rendimiento de 170 m<sup>3</sup>/hr., formando montones a cada 40 o 50 mts., para su carga, acarreo y depósito en

la formación de las franjas de seguridad.

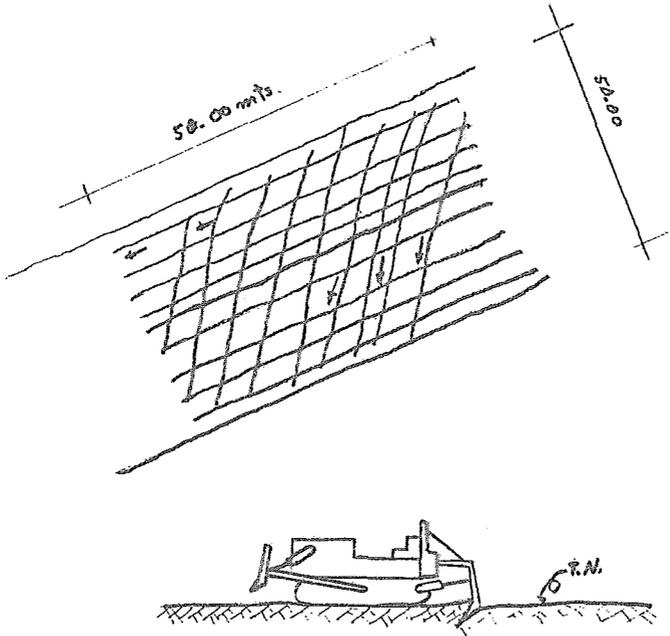
Una vez realizado el corte somero en el cuerpo de la pista - -- 17-35 se procedió a uniformizar la superficie de desplante para la formación de los terraplenes en capas regulares y solo cuando este terreno fuera más elevado que el de desplante de la capa subrasante, se efectuaría el corte del material sobrante y se afinaría la superficie, empleándose una motoconformadora - -- 120 B realizando un ciclo en forma longitudinal.

Para dar por terminado el corte al nivel del desplante de la -- subrasante, se verificó el aliniamiento, el perfil y la sección en su forma, anchura y acabado de acuerdo con lo fijado en el - proyecto, a partir de los niveles de rasante menos el espesor - del pavimento y de la subrasante.

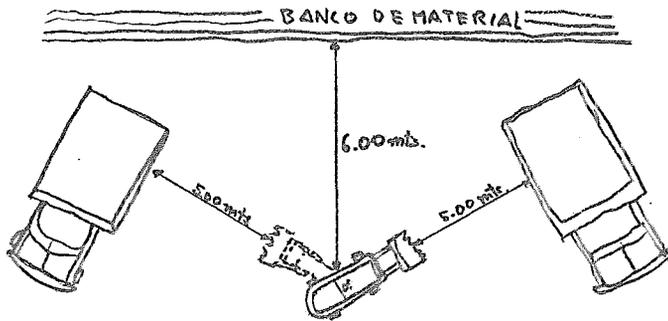
#### EXPLOTACION DE BANCOS.

El material para la formación de los cuerpos de terracerías se obtuvo del banco de préstamo lateral del camino de acceso, en - el cual se realizó previamente el desmonte y despalme para descubrir el extracto de buena calidad.

Para su explotación se empleo un tractor D85 provisto de un - - ripper en paralelogramo de profundidad mediana (de 0.30 a 0.40- mts.) con el cual se logró aflojar el material realizando una - serie de pasadas a todo lo largo del banco y después en sentido oblicuo lográndose un máximo de penetración del ripper de 0.40- mts. Esto puede observarse en el siguiente dibujo; teniéndose - un rendimiento de 270 m<sup>3</sup>/hr., hasta un espesor de 1.20 mts., co mo promedio a lo largo del banco, después de ésta profundidad - el material presentó un grado de consistencia mayor, por lo que fué clasificado como material tipo B, por consiguiente el ciclo se tornó lento y el volumen removido descendió a 180 m<sup>3</sup>/hr.



Una vez removido el material en una longitud de 100 mts. anroximadamente se empleo un cargador frontal 930 de neumáticos y camiones de volteo de 7 m<sup>3</sup>. de capacidad, los cuales se colocaron en la forma mostrada en el siguiente dibujo, obteniéndose un rendimiento de 160 m<sup>3</sup>/hr. El acarreo hasta el lugar donde depositaban el material para la formación de los cuerpos de terraplén fué de 3,000 mts. promedio.



#### COMPACTACION DEL TERRENO NATURAL.

Previo a la formación del cuerpo de terracerías, se tuvo que -- efectuar la compactación del terreno natural en un espesor de -- 15 cm. especificados, al 90% de su P.V.S.M. indicado en el proyecto.

Para lograr lo anterior fué necesario escarificar el terreno -- natural con una motoconformadora 120 B que está provista de un -- escarificador de 6 dientes, una vez realizado lo anterior en -- una profundidad de 10 cm. promedio se procedió a agregarle agua a razón de 50 lts/m<sup>3</sup>. para alcanzar una humedad del 22% para ob -- tener el 90% de compactación. Esta se realizó empleando un com -- pactador vibratorio CA-25, el cual efectuaba seis pasadas sobre tramos de 250 mts. por 30 mts. aproximadamente con lo cual se -- obtuvo un rendimiento de 130 m<sup>3</sup>/hr.

#### FORMACION DE TERRAPLEN COMPACTADO AL 95%.

Estos se formaron bajo las áreas que se pavimentaron en la pis -- ta 17-35, considerando 7.5 mts. de acotamiento a cada lado y en las calles de rodaje 1 y 2 y plataforma que tienen un acotamien -- to de 8 mts. de ancho a cada lado.

Una vez depositado el material en forma acamellonada (formando -- montones de material a cada 6.0 mts.) y para darle la compacta -- ción del 95% de su P.V.S.M. al material fué necesario agregarle una determinada cantidad de agua hasta lograr la humedad del -- 22% optima de laboratorio y especificada en el proyecto. Las -- pruebas de laboratorio realizadas al hacer el estudio de bancos, determinaron que la humedad del material en banco fué del 5%, -- por lo que se decidió agregarle una cierta cantidad de agua en -- el banco. con esto se logró darle un porcentaje de humedad en---

entre un 13% y 14%, este riego se realizó con una pipa de 4,500 - lts. a razón de 40 lts/m<sup>3</sup>.

Para determinar la cantidad de agua que debe de agregarse al material para lograr la humedad óptima en campo, se tiene que contar con un laboratorio permanente, siendo costoso y en la práctica muy pocos contratistas lo llevan a cabo, por lo que se ha- ce de acuerdo a la experiencia del sobrestante decidiendo él -- mismo cuando se ha logrado la humedad más próxima a la óptima y proceder al tendido del material para iniciar la compactación.

El espesor del terraplén se construyó en capas de 20 y 25 cms.- sensiblemente horizontales en todo el ancho de la sección, las- cuales fueron formadas por un compactador 815 pata de cabra, -- provisto de una hoja recta con la cual iba extendiendo el mate- rial a la vez que lo iba compactando hasta alcanzar un grado -- del 95% de su P.V.S.M.

El ciclo se realizó en forma longitudinal en tramos de 300 mts. y con un ancho de 30.00 mts. el grado de compactación logró al- canzar aproximadamente con 6 pasadas, con lo que se logró un -- rendimiento de 100 m<sup>3</sup>/hr.

La terminación de estos terraplenes fué uniforme cumpliendo con- los niveles de proyecto, sin ser indispensable el afine de la superficie para recibir la capa subrasante ya que el material de -- ambas es del mismo banco, diferenciándose únicamente por el gra- do de compactación.

#### SUBRASANTE COMPACTADA AL 100%.

Para la formación de esta capa fué necesario realizarla en dos - capas de espesor de 25 cms. cada una para lograr la sección de -

proyecto de 50 cms. de subrasante.

El procedimiento para su construcción fué algo similar al empleado en la formación de los terraplenes, es decir el acarreo se efectuó de la misma manera al igual que el acamellonamiento, la primera adición de agua se realizó en el banco para alcanzar una humedad de un 13% a un 14%, para que enseguida con la motoconformadora 120 B se efectuará un "mezclado", es decir se va jalando el material para ir formando pequeñas capas y en algunos casos ir disgregando los terrones que se hubiesen formado, agregándose también el agua necesaria para alcanzar el 22% de humedad requerido (aquí se le agregó aproximadamente un 12% de humedad).

Este proceso se logró en aproximadamente 4 vueltas para estar en condiciones de iniciar el tendido y armado de la capa.

Los tramos trabajados fueron de 200 X 30.00 mts. de ancho, utilizando la motoconformadora. Se realizó el trabajo en forma longitudinal con una separación de 80 mts. aproximadamente entre cada máquina, con lo cual se logró un ciclo que les permitió homogenizar el material en una forma adecuada, obteniéndose un rendimiento de 120 m<sup>3</sup>/hr.; la compactación se logró utilizando el compactador 815 pata de cabra en combinación con un compactador Dynapac CA-25, las pasadas que se realizaban con el compactador 815 fueron de 6 a 8 y con el Dynapac 3 vueltas, teniéndose un rendimiento de 130 m<sup>3</sup>/hr. en una longitud de 200 mts. Todo lo comentado anteriormente se realizó también para la segunda capa.

En la primer capa formada de 25 cms. no importa mucho el acabado al igual que los niveles (espesores), donde si se toman en cuenta estos factores es en la segunda capa, dado que la subra

sante de proyecto se tiene que cumplir para recibir la capa de base hidráulica que la forma un material de características diferentes, por lo que antes de efectuar la compactación se empleo una motoconformadora 120 B para realizar los recortes y afines necesarios, donde sobraba recortaba y donde le hacía falta le -- agregaba (no es recomendable), el rendimiento observado fué de 65 m<sup>3</sup>/hr. inmediatamente después se procedía a la compactación final con el Dynapac CA-25, el ciclo fué el mismo que se realizó para los primeros 25 cms. de espesor, el rendimiento fué igual a 130 m<sup>3</sup>/hr. y el grado de compactación fué del 100% de su P.V.S.M. en esta capa de subrasante.

Un primer tramo se realizaba hasta completar una franja de 30.00 mts. aproximadamente y mientras se compactaba y se tendía totalmente, se continuaba la formación en otro tramo contiguo hasta completar los 45 mts. de la pista 17-35 en una longitud de 200 mts. y así sucesivamente hasta completar la subrasante en la totalidad de los 3000 mts. de longitud que tiene la pista.

Con objeto de lograr que se compacte toda la sección de terracerías, lo que se hace difícil obtener en las orillas, estos se -- construyeron con una corona más ancha que la del proyecto y con un talud diferente, que se encontrará con el talud del proyecto en la línea de los cerros, llamándose a estas cuñas laterales de sobreancho, en las cuales la compactación fué menor que la fijada en el proyecto, lográndose con esto que el equipo compacte -- hasta el extremo de la sección sin que se caiga el hombro.

Las cuñas de sobreancho fueron recortadas una vez que se hubo -- terminado la construcción de terracerías dejando el talud bien -- afinado, esto se realizó con la motoconformadora 120 B en la forma mostrada en la fig. no. 5.1. y el material resultante se extendió uniformemente sobre el mismo talud.

La subrasante es la capa final de las terracerías y el apoyo -- de los pavimentos, por lo que se tuvo que verificar su alinea--- miento, perfil y la sección en su forma, anchura y acabado, de - acuerdo con lo fijado en el proyecto, para lo cual se colocaron niveles de proyecto a cada 20 mts. longitudinalmente y 5.00 - -- transversalmente.

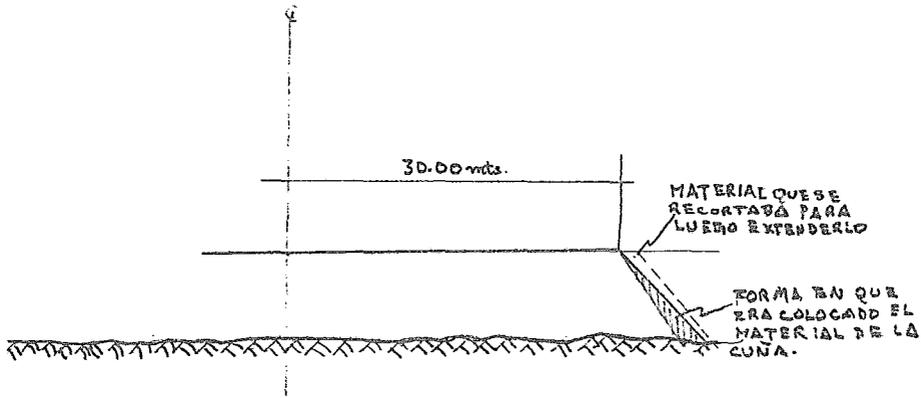


FIG. No 5.1

## FORMACION DE LAS FRANJAS DE SEGURIDAD.

Para la formación de éstas franjas se utilizó el material proveniente del despalme realizado en cuerpo de pista y banco de material préstamo lateral. El material proveniente de pista que era colocado por el tractor D85 a una distancia de 30 mts. del eje de pista era acarreado y extendido con un cargador 977 de orugas sobre el área de la franja de seguridad. Para el material proveniente del banco de material se utilizó para su acarreo un cargador 977 de 2,5 Yd<sup>3</sup>. de capacidad y camiones de volteo de 7 m<sup>3</sup>. de capacidad, los cuales lo depositaban a la orilla de las franjas de seguridad. Para el extendido de este material se empleó un tractor D85, a lo largo de la franja de seguridad, el rendimiento obtenido fue de 170 m<sup>3</sup>/hr. de material acomodado sin compactar. En la formación de estas franjas se utilizó también el material proveniente de las excavaciones realizadas en los canales para drenaje pluvial.

Para el afine de estas franjas de seguridad se empleó una motoconformadora 120 B la cual cubría un ancho de 3.30 mts., para lo cual fue necesario colocar niveles de proyecto a cada 20 mts. -- longitudinalmente y 45 mts. transversalmente partiendo de la carpeta de la orilla de la pista, una vez terminada éste.

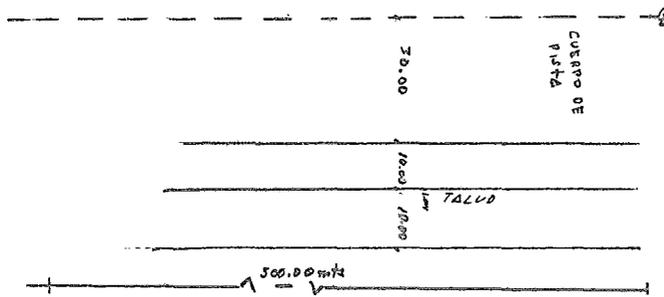
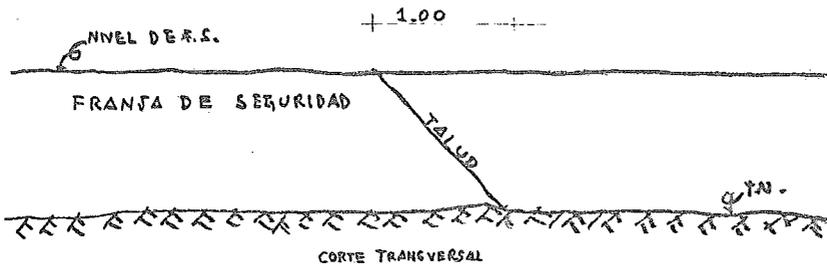
Esta capa se construye sin compactar, es decir no se emplea un equipo especial para este fin, por las razones siguientes:

El procedimiento de construcción siempre da compactación al terraplén, por lo que se abate el costo al no meter equipo para lograr un 90% mínimo y que a través del tiempo también se perdería; con el tiempo y el peso propio del terraplén se consolidan adecuadamente las capas inferiores, en la capa superficial suelta, es más sencillo el proceso de implantación de pastos o especies vegetales de generación espontánea, requeridas para evitar la erosión eólica y pluvial.

Esta franja de seguridad, como su nombre lo indica, es para lograr un área libre de obstáculos y que en un momento dado signifi

que seguridad para las aeronaves en caso de accidente, no prevee la resistencia del avión, éste circulará hasta que por hundimiento del tren de aterrizaje se detenga sin sufrir mayores daños. Como el material es arcilloso en época de lluvias se expande, -- por lo que se produce una sobreelevación, ya que el nivel de éstas según proyecto se deben terminar al mismo nivel que los pavimentos, la sobreelevación forma un tope transversal al drenaje de la superficie, impidiendo el escurrimiento del agua de lluvia. Por ello se opta por dejar un desnivel de 5 cm. aproximadamente abajo de la rasante de proyecto para absorber la sobreelevación por acarreo de material, motivado por el aire y por crecimiento de especies vegetales; el objetivo de esta modificación es garantizar el escurrimiento del agua para evitar encharcamientos en el área pavimentada. Solución puesta en práctica por la experiencia de otros aeropuertos.

La formación de las franjas de seguridad se realizó en tramos de 500 mts. X 10 mts. dejando un talud extendido en el primero y -- cuando se tendió el siguiente se le repetía el tratamiento (bandeado, actividad realizada con tractor) en un ancho de 1 mts. para que se pudieran ligar las franjas y con esto uniformizar el material, como se muestra en el siguiente dibujo.

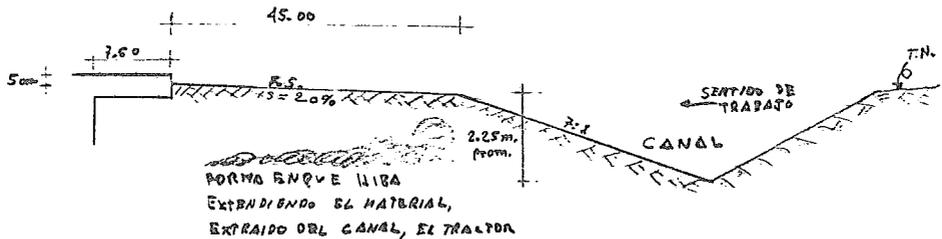


PLANTA

### CONSTRUCCION DE CANALES.

La construcción de los canales se realizó con un tractor D85, -- provisto de una hoja frontal como la mostrada en la fig. 5.2, -- que es adecuada cuando se le emplea en éste tipo de trabajo considerando que el material es tipo A. El material fué depositado a la orilla de la excavación, del lado de la franja de seguridad izquierda, material que fué empleado en la formación de ésta, acomodado y extendido por el tractor D85, el rendimiento observado fué de 180 m<sup>3</sup>/hr.

En el siguiente dibujo se observa como se realizó el ciclo con el tractor D85 y además de como a una determinada profundidad, se hizo necesario el empleo de una motoconformadora 120 B para afinar la superficie y cumplir con el talud de proyecto, el rendimiento de la motoconformadora fué de 120 m<sup>3</sup>/hr.



CORTE TRANSVERSAL DE FRANJA DE SEGURIDAD Y CANAL

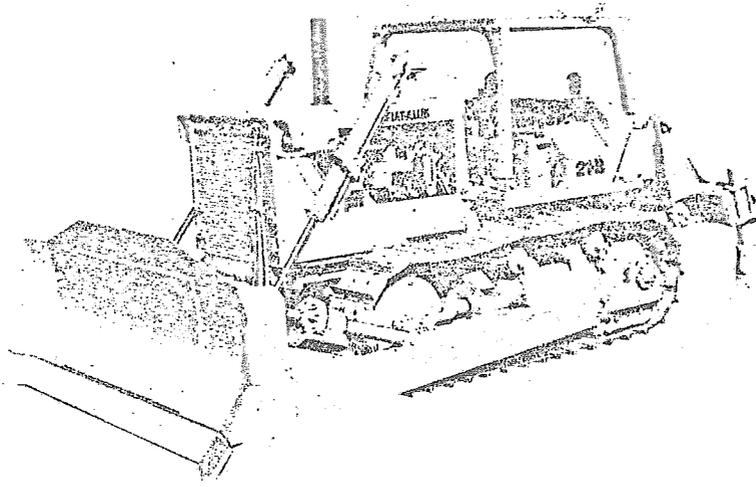


Fig. No. 5.2  
Tractor con hoja frontal (Dozer).

Para la obtención del material empleado en Base Hidráulica, -- Base Asfáltica y Carpeta de Concreto Asfáltico se realizó la -- explotación del banco El Refugio No. III.

Antes de iniciar la explotación del banco fué necesario abrir -- un frente de ataque desde donde se pudiera ir avanzando sin cau -- sar transtornos de ningún tipo, una vez instalado el equipo de -- trituración.

Para abrir el frente de ataque se hizo necesario el desmonte y -- despalme por la existencia de árboles, arbustos, hierbas y otro -- tipo de vegetación que pudieran contaminar el material obtenido -- de la explotación, ya que el banco es de roca sana.

El desmonte y despalme se realizó con un tractor D85 de orugas -- provisto de hoja frontal en toda la superficie del banco, en la -- forma indicada en los párrafos anteriores que se refieren a es -- tos conceptos en terracerías. Estas actividades se pudieron -- realizar con el tractor ya que la superficie del banco no pre -- sentaba cambios en la pendiente que impidieran el uso de éste.

Una vez concluidas las actividades anteriores se procedió a -- una primer barrenación, con lo cual se logró abrir un frente de -- aproximadamente 20.00 mts. de altura.

La barrenación se realizó empleando una perforadora montada so -- bre un dispositivo móvil de orugas al cual se le da el nombre -- de track-drill y con el cual se puede perforar hasta una profun -- didad de 12.00 mts., en este caso se perforó hasta 9.00 mts. -- como máximo con un diámetro de 3". Este track-drill estaba co -- nectado a un compresor que utiliza aire comprimido a 100 lb/plg<sup>2</sup>. -- (7 kg/cm<sup>2</sup>) para producir 500 ft<sup>3</sup>/min. de aire para su alimenta -- ción. La perforadora tenía fijado un inserto de tugsteno en su

parte inferior, con lo anterior se logró un avance de 10.00 - - mts. efectivos barrenados por hora.

Una vez realizados los barrenos a una separación de 2.00 mts. - entre cada uno de ellos, se procedió a colocar el explosivo en una cantidad de 0.360 kg/ml., con lo que se obtuvo un volumen - de 4.00 m<sup>3</sup>. de material suelto. La detonación se llevó a cabo por medio de cañuela con fulminante. La determinación de la -- cantidad de explosivo se puede observar en la hoja siguiente.

Una vez realizado lo anterior se procedió a la instalación del equipo de trituración, para lo cual se acondicionó el área donde quedó instalado con un tractor D85 de orugas con hoja frontal de tal manera que quedara una especie de balcón o escalón - para que de esta manera se facilitara la alimentación a la tolva de la trituradora primaria.

Con el "tronado" se obtuvieron diámetros de roca entre 0.30 y - 0.75 mts. y diámetros mayores que constituían el material de -- desperdicio que era de aproximadamente un 10%

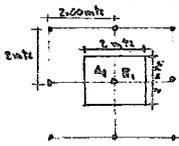
El diámetro de 0.75 mts. es el tamaño máximo que puede aceptar una trituradora primaria de 30" X 42" de doble impulsor el cual con una abertura de salida de 4" como mínimo nos dió un rendimiento de 90 m<sup>3</sup>/hr., para lo cual necesito dos impulsores, que producían 350-900 r.p.m., y con dos motores que nos dieron una potencia de 60 a 75 h.p.

La alimentación a la tolva de la trituradora primaria se realizó con un cargador frontal 850 de neumáticos de 3.2 yd<sup>3</sup>. de capacidad, hasta una distancia de 60.00 mts., después se emplearon camiones de volteo de 7 m<sup>3</sup>. de capacidad los que eran llenados con el cargador frontal.

FORMA EN QUE SE OBTUVIERON LOS FRAGMENTOS DE LICA PARA LA TRITURADORA PRIMARIA.

Explosivo usado.

Mexamón con Dinamita en una proporción 10:1  
 diámetro de la barrenación 3'' de  $\phi$   
 separación de los barrenos 2.00 mts.  
 altura de frente 20.00 mts. (máximo).  
 profundidad de barrenación 9.00 mts. (máximo).  
 rendimiento de barrenación 80.00 mts/Jor. JOR= 8 hrs.  
 Se usaron 0.450 kg/ml. de (Mexamón + Dinamita) \*  
 Detonante cañuela con fulminante.



A1 área de influencia del barreno S1

Se decidió poner un tapón equivalente al 20 de h con el fin de obtener una economía.

$$9.00 \times 0.20 = 1.80$$

$$1.80 \text{ mts} = h1.$$

$\therefore$  7.20 mts. efectivos

Si 9.00 mts.

con 7.20 mts.

$$\frac{4.45 \text{ grs/mts.}}{4.050 \text{ kg de explosivo.}}$$

$$\frac{4.450 \text{ gr/ml}}$$

$$3.240 \text{ kg de explosivo.}$$

$$h = 9.00 \text{ mts.}$$

Si 10 de TNT

$$\therefore \frac{3.240}{\times .10}$$

$$3.240$$

$$0.324 \text{ kg de TNT.}$$

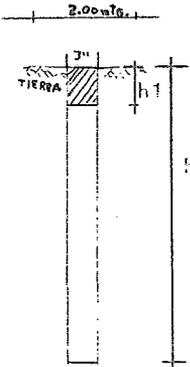
$$\frac{3.240}{\times .324}$$

$$2.916 \text{ kg de Mexamón.}$$

Volumen obtenido  $2 \times 2 \times 9 = 36 \text{ m}^3$ . de material suelto con un 10 de desperdicio (diámetros  $> 75 \text{ cms.}$ )

\* Se uso esta cantidad después de una prueba realizada al principio, para obtener los diámetros requeridos no mayores a 75 cm.

Por especificación con track-drill no se deben hacer barrenos a menos de 3.00 mts. de separación, pero por condiciones del material (riolita muy compactada) se realizaron a 2.00 mts., para obtener el material deseado.



El material de 4" que se obtenía de la trituradora primaria -- por medio de una banda transportadora pasaba a la trituradora -- secundaria de conos de impactos sucesivos que tenía una abertura de admisión de 5" y a la salida de 1 1/2" como mínimo, con -- esto se lograba obtener el material de 2" a 1 1/2" y cuya pro-- ducción fué de 60 m<sup>3</sup>/hr. El material al salir de la triturado-- ra se depositaba en una banda con sistema de cribas vibratorias que lo clasificaban de acuerdo al diámetro, ya que poseían ma-- llas de 1 1/2", 1", 1/4". El de 1 1/2" era del material para -- base hidráulica ya que éste era el tamaño máximo admitido para -- su elaboración. Este al ser clasificado era retirado del siste -- ma por una banda que lo depositaba en su lugar de acomodo al -- aire libre. El material que no era retirado, que por lo gene-- ral era mayor al diámetro de 1 1/2" para la base hidráulica, -- por medio de otra banda era transportado a la trituradora ter-- ciaria de conos que tenía una abertura de admisión de 2", y de -- donde se obtenía material de diámetro de 3/4" como máximo el -- cual fué empleado en la elaboración de la carpeta asfáltica ya -- que éste era el tamaño máximo admitido para su elaboración.

El material obtenido de la trituradora terciaria se depositaba -- en otro sistema de bandas con cribas vibratorias que selecciona -- ba el material de 3/4" y de menor diámetro, cada uno era retira -- do del sistema por su respectiva banda y depositado en su lugar de acomodo al aire libre y el agregado que no pasaba por el sis -- tema de cribas, retornaba por medio de otra banda al sistema pa -- ra volver a pasar por la trituradora terciaria hasta obtener -- el tamaño deseado, con este procedimiento la producción de esta trituradora fué de 30 m<sup>3</sup>/hr.

Para obtener el material empleado en base asfáltica, se proce-- día a disminuir la abertura de salida de la trituradora secunda

ría a 1", que era el tamaño máximo para la elaboración de esta-  
capa y para su clasificación y almacenamiento se procedió de la  
misma manera que la base hidráulica.

Cuando se quería agilizar y aumentar la producción para base hi  
dráulica el material que no pasaba por el sistema de cribado, --  
al salir de la trituradora secundaria, mayor de 1 1/2" retorna-  
ba por otra banda para volver a pasar a través de ésta hasta --  
obtener el tamaño deseado.

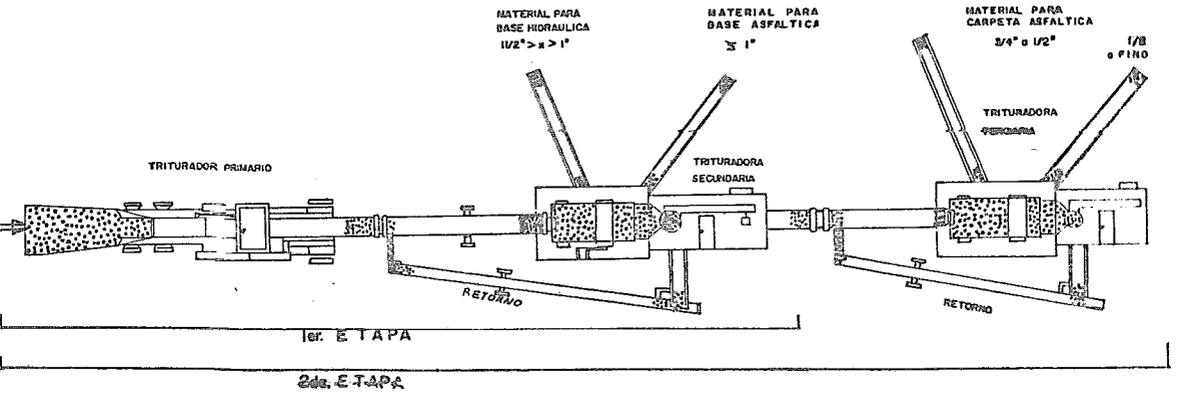
El agregado que se obtenía para elaborar la carpeta de concreto  
asfáltico abarcaba tres tamaños limitados por un rango, que se-  
indica a continuación:

- a) 1/2" a 3/4" con una producción del 60%.
- b) 1/4" a 1/2" con una producción del 25%.
- c) finos de 1/4" con una producción del 15%.

El proceso de trituración fué a circuito cerrado, como se observa  
en el dibujo No. 5.3

Los materiales obtenidos del proceso de trituración eran acomodo-  
dados por separado de acuerdo a su granulometría para evitar --  
una mezcla que alterara ésta, ya que la mezcla o combinación de  
materiales que se efectuaba era de acuerdo a lo recomendado por  
el proyecto de pavimentos.

Los materiales empleados en base asfáltica y carpeta asfáltica-  
cuyos diámetros mayores son de 1" y 3/4" respectivamente y menores  
diámetros, al ser trasladados a la planta asfáltica para --  
su procesamiento, eran almacenados en diferentes lados para que  
al depositarlos en las tolvas fueran en cada una de ellas de --  
un sólo tamaño y al realizarse la mezcla se hiciera en el pro--



CROQUIS DE PLANTA TRITURADORA Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAL TRITURADO.

Fig. No 5.3.

porcionamiento adecuado para conformar la granulometría especificada.

Como podrá observarse en el plano de secciones estructurales -- se construyó una base hidráulica de 0.33 y 0.25 mts. y una base asfáltica de 8 cm. En el plano 5.2 se observan las secciones -- reales.

#### BASE HIDRAULICA COMPACTADA AL 100%.

El material empleado en ésta tenía como agregado de tamaño máxi-- mo especificado 1 1/2" y no requirió de tratamiento alguno, por lo que al salir de la planta trituradora se procedió a su sca-- rreo en una distancia promedio de 16 km. por medio de camiones-- de volteo de 7 m3. de capacidad, los que eran llenados con un -- cargador frontal 850 de neumáticos de 3.5 yd3. de capacidad. -- Los materiales transportados correspondían tanto a diámetros de 1 1/2" como a diámetros menores que complementaban su granulome-- tría, en una proporción de 1:25, con lo cual se cumplía con es-- pecificaciones y con lo recomendado por el proyecto de pavimen-- tos.

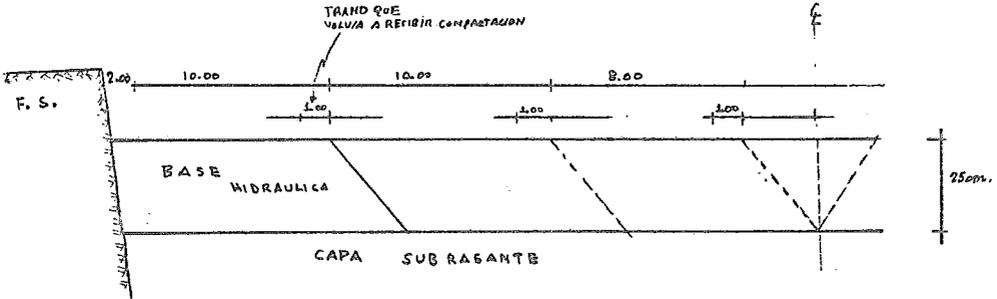
El material una vez depositado y acamellonado a cada 20.00 mts. aproximadamente por los camiones, en los tramos correspondien-- tes que eran de 200.00 mts., se procedió a realizar un tendido-- en seco con una motoconformadora 120 B, y enseguida darle un -- riego con agua para darle una cierta humedad con una pipa de -- 4500 lts. de capacidad, a razón de 40 lts/m3., una vez realiza-- do lo anterior se procedió a efectuar un mezclado con la moto-- conformadora 120 B., para homogenizar su granulometría y hume-- dad, extendiendo el material por pequeñas capas para agregarle-- nuevamente agua y obtener una humedad del 8% - 9% que fué la ob-- tenida en laboratorio como óptima.

Al completar un espesor de 10 cm. aproximadamente en un ancho de 30 mts. por 200.00 mts. de longitud se procedió a darle una compactación con el Duopactor, efectuando dos pasadas, con lo cual se terminó el tendido de "armado". Después se siguió extendiendo el material hasta completar los espesores indicados en el plano 5.2, el rendimiento observado fué de 180 m<sup>3</sup>/hr. empleando 6 motoconformadoras.

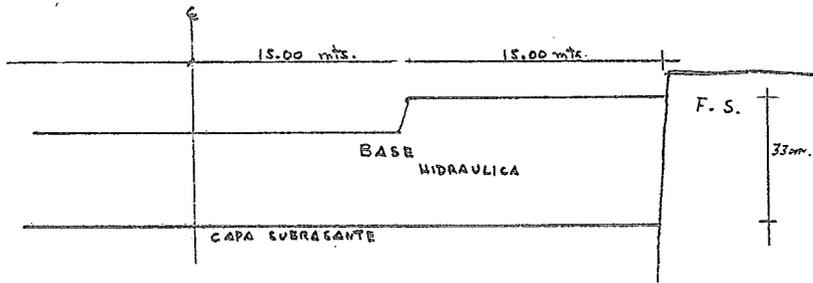
Para su compactación se empleó el Duopactor y un compactador CA-25 vibratorio, con el primero se realizaron 2 pasadas y en seguida una pasada con el otro compactador en el ancho de 30.00 mts., este procedimiento se repitió 3 veces continuamente, con lo que se logró alcanzar el 100% de compactación de su P.V.S.M. especificado, el rendimiento observado fué de 140 m<sup>3</sup>/hr.

La compactación de ésta capa se realizó de la orilla hacia el centro de las franjas, y cuando se terminaba una primer faja de 30.00 mts. para ligarla lateralmente con la siguiente faja se dejaba un pequeño talud que junto con un 1 mt. aproximadamente de la anterior faja recibía un nuevo tratamiento para uniformizar la compactación de la capa en todo lo ancho de la sección estructural.

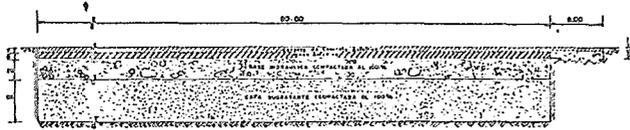
En el tercio externo de la pista (sin incluir cabeceras), donde se construyó ésta capa con un espesor de 33 cm. al concluir los 15.00 mts., se procedió a recortar y afinar el talud en su parte interna, para cumplir con la sección de proyecto y poder aljar la siguiente capa sin sufrir alteración alguna. Esto se efectuó con la motoconformadora 120 B, la cual al realizar el corte extendía el material hacia la parte interna de la pista 17-35, esto antes de que se realizará la última serie de compactación con el compactador CA-25 y el rendimiento observado en



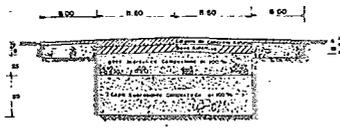
DIBUJO QUE MUESTRA COMO SE UNEN  
LIGANDO LAS FRANJAS DE B. H.



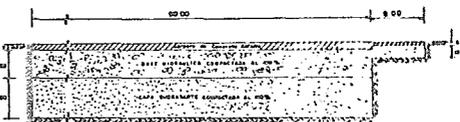
SECCION DE PISTA 17-35  
PARTE CENTRAL



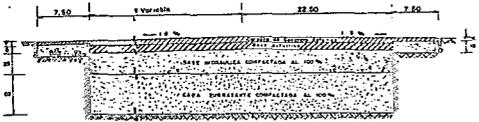
SECCION D-D PLATAFORMA DE OPERACIONES



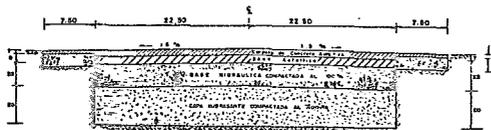
SECCION C-C CALLES DE RODAJE 1 Y 2



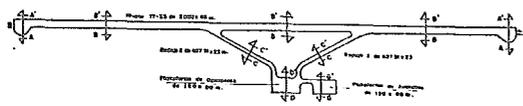
SECCION G-G PLATAFORMA DE AVIONETAS



SECCION A-A CADECEPAS 17 Y 35



SECCION B-B PISTA 17-35



U	ENEP ACATLAN	
N	INGENIERIA CIVIL	
A	SERVICIO DE AGUASCALIENTES	
	SECCIONES ESTRUCTURALES	
M	JUAN CARLOS ELVARADO J.	PLANO N° 2

te proceso fué de 22 m<sup>3</sup>/hr.

La textura que se obtenía al finalizar y la compactación fué - la requerida para poder realizar el riego de impregnación.

Para ver si se cumplían con los espesores especificados se tenía el control topográfico de niveles a los cuales se ajustaba la motoconformadora, estos eran señalados por las estacas que se colocaron entre cada faja a todo lo largo de los 3000 mts.- de longitud que tiene la pista, que tenían una marca que indicaba el nivel de la capa y lograr con esto un control efectivo en los espesores. Esta capa se construyó al mismo tiempo que las franjas de seguridad.

#### RIEGO DE IMPREGNACION.

Previo a este riego se procedió a barrer las fajas, lo cual -- se ejecutó con barredora mecánica remolcada por un camión.

El barrido se realizó con el fin de eliminar todo el material-suelto, polvo y materias extrañas que se encontraban sobre la base hidráulica. Este riego se realizó una vez que se terminaban tramos de 500.00 mts. de longitud por 30 mts. de ancho.

Una vez barrida la superficie por tratar se procedió al riego-con asfalto rebajado FM-2, para lo cual se verificó que la superficie no se encontrara mojada, a razón de 1.5 lts/m<sup>2</sup>., con lo que se garantizó una penetración de 5 a 10 mm. Lo anterior se realizó con el fin de impermeabilizarla, para guardar humedad, evitar su disgregación, para hacer una transición entre - las capas hidráulicas y asfálticas. El riego se realizó con - una petrolizadora de una capacidad de 4000 lts. y que estaba - provista de barras de distribución y espreas de control distri

buídas en ella. Para evitar desperdicios, al cortar el riego - la bomba tipo engrane succiona el asfalto de las barras para -- que no continúe derramándose por gravedad.

El riego se llevó a cabo con un control de la temperatura del - asfalto en un rango de 70°C. y 85°C. para poder darle a éste la fluidez requerida. Esta fluidez se logra calentando el produc- to asfáltico mediante quemadores accionados por el mismo motor- de la petrolizadora.

Al hacerse la aplicación del asfalto FM-2, debe tenerse espe---- cial cuidado para evitar se traslape con el riego anterior. En el punto donde se inició cada riego se colocaron una o más ti--- ras de papel para evitar lo anterior, de manera que el nuevo -- riego se empezó desde la tira de protección y al retirarse ésta quedó la aplicación sin traslaparse. Este riego se realizaba - en las horas del día que hacía más calor.

Además que la superficie impregnada de la base debió cerrarse al tránsito durante las veinticuatro horas siguientes a su termina- ción, que es el tiempo estimado en que se logra una penetración adecuada.

#### BASE ASFALTICA COMPACTADA AL 100% DE SU P.V.

Esta es una mezcla elaborada en planta y en caliente con agrega- do pétreo de roca triturada a tamaño máximo de 25 mm. obtenida- del banco "El Refugio" No. III. usando como agregado bituminoso cemento asfáltico del No. 6, la compactación de la mezcla se -- llevó hasta alcanzar el 100% del peso volumétrico obtenido por- la prueba Marshall.

El material fué transportado mediante camiones de volteo de 7m<sup>3</sup>.

de la trituradora a la zona de la planta asfáltica, en un acarreo de 10 km. promedio, donde se almacenaba a cielo abierto de acuerdo a su diámetro. Enseguida con un cargador frontal 850 de 3.5 yd<sup>3</sup>. de capacidad efectuaba un ciclo en corto, para depositar el agregado pétreo en las tolvas correspondientes de la planta de asfalto marca Baber Grenne, la cual constaba de un secador con inclinación ajustable colocado antes de las cribas clasificadoras y con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de mezcla asfáltica de la planta, es decir igual a 170 t/hr. o más. A la salida del secador tenía un pirógrafo para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo. La capacidad fué suficiente siempre en las tolvas, del material pétreo disponible para la mezcla. La dosificación de los materiales pétreos se realizó por volumen.

El dispositivo permitió un fácil ajuste de la mezcla en cualquier momento, con lo cual se pudo obtener la curva granulométrica de proyecto, tomando en cuenta la discrepancia tolerada.

Disponía de un quemador que calentaba en forma controlada el cemento asfáltico, que garantizó que éste no sería contaminado provisto de un termómetro con graduación de 20°C. a 210°C. dispositivo que permitió dosificar el cemento asfáltico, con una aproximación de 2%  $\pm$ , de los 140 kg/m<sup>3</sup>. que se utilizaron.

Mezcladora equipada con un cronómetro para el control del tiempo de mezclado que fué de 30 seg., recolector de polvo y tolva para agregar finos.

Los dispositivos como termómetros, básculas, cronómetros, pirógrafos, sus lecturas eran registradas por medio de circuitos eléctricos, que los enviaban a una cabina desde donde se tenía

el control de la planta y donde se detectaban las fallas.

El material pétreo fué calentado y secado para que la humedad - que contuviese fuera inferior a 1%, antes de introducirlo en la mezcladora. La temperatura del material pétreo quedo comprendida entre 120°C. - 160°C. en el momento de agregarle el cemento-asfáltico del No. 6 y la temperatura de la mezcla quedo comprendida entre (120°C. - 150°C.), con lo cual era depositado en los camiones de volteo de 7 m<sup>3</sup>.

El acarreo del cemento asfáltico No. 6, que procedía de la Cd. de Tampico, Tamps., se efectuó con una pipa de una capacidad de 40,000 lts. hacía los tanques de almacenamiento con una capacidad de 140,000 lts.

En la producción que estuvo realizando la planta de asfalto, que estaba en función de lo que produciese la planta trituradora y del asfalto, se efectuaban 100 viajes por día con los camiones de volteo de 7 m<sup>3</sup>., pero transportando un volumen de 5.5 m<sup>3</sup>. -- promedio, el turno que se cubría era de 10 hrs., con 10 camiones lo cual nos dió un rendimiento de 550 m<sup>3</sup>/JOR.

La mezcla de base asfáltica se transportó por medio de los camiones, que eran cubiertos con una lona que la preservaba del polvo, materias extrañas y de la lluvia, además de la pérdida de calor durante el trayecto. La superficie interior de la caja debió estar siempre libre de residuos de la mezcla o desperdicios.

La base asfáltica se tendió con máquina Finisher especial para este trabajo, de propulsión propia, con dispositivos para ajustar los espesores y el ancho de la mezcla tendida y dotada de un sistema que permite la repartición uniforme de la mezcla sin

que se presentara segregación por tamaños en la misma. Estuvo dotado de un calefactor en la zona de acabado superficial.

Antes de iniciar el tendido de la mezcla para formar la base -- asfáltica se efectuó un riego de liga, sobre la base hidráulica impregnada, con asfalto FR-3. Este riego se realizó con una petrolizadora en un ancho de 4.30 mts., aproximadamente en una longitud que dependía de cuanto se fuera a tender y la cantidad regada fué a razón de 0.5 lts/m<sup>2</sup>. y se dejaba un espacio entre el riego y el tendido.

La mezcla se vació dentro de la caja receptora de la Finisher, e inmediatamente fué tendida por ésta, en un espesor de 9 cm. - y ancho de 4.24. La velocidad de 1.5 m/min. de la máquina permitió que el tendido siempre fuera uniforme en espesor y acabado. Las juntas de construcción longitudinales se ligaron con material asfáltico FR-3, previo al tendido de la siguiente faja. Las juntas transversales se recortaron aproximadamente a 45° -- antes de proceder al tendido del siguiente tramo los cuales -- fueron de una longitud de 500 mts., la mezcla asfáltica se tendió a una temperatura mínima de 100°C., el rendimiento observado fué de 50 m<sup>3</sup>/hr. promedio.

Después del tendido se realizó un planchado uniforme y cuidadoso por medio de una aplanadora tipo tandem adecuada para dar un acomodo inicial a la mezcla, la cual tenía una temperatura de 100°C. - 110°C., en general; este planchado se efectuó longitudinalmente a media rueda en una longitud de 250.00 mts., proporcionándose un total de 4 a 6 pasadas. Después del acomodo inicial se intercaló un compactador CP-22 de neumáticos, el cual realizó 6 pasadas sobre los tramos de 250.00 mts., hasta alcanzar un mínimo del 95% de su peso volumétrico.

para la compactación, se observó que el planchado se realizó -- paralelamente al eje, realizando el recorrido de las orillas de las fajas hacia el centro en las partes rectas y del lado interior hacia el exterior en las gotas de las cabeceras. Adicionalmente el equipo de compactación paso en dirección perpendicular al eje de la pista.

La temperatura de base Asfáltica, al iniciarse su acomodo estuvo en un intervalo de  $100^{\circ}\text{C}.$  -  $110^{\circ}\text{C}.$ , lo cual ocurrió 20 min.- 30 min., después del tendido (dependiendo de la temperatura de llegada de la mezcla) y la compactación se terminó a una temperatura mínima de  $70^{\circ}\text{C}.$ , éstas temperaturas se verificaron con termómetros que se colocaban sobre la mezcla tendida.

Los espesores obtenidos fueron los que se observan en el plano-5.2 de secciones estructurales.

#### CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO COMPACTADA AL 95% DE SU P.V.

Una vez terminada la construcción de la Base Asfáltica se procedió a la construcción de la carpeta asfáltica, la cual en cuanto al tamaño máximo fué de  $3/4"$  y su proceso de elaboración fué el mismo en relación a la base asfáltica al igual que su tendido, con la diferencia de que antes de realizarlo únicamente se le dió un riego de liga con asfalto FR-3 a razón de 0.3 lts/m<sup>2</sup>., para adherir la base asfáltica con la carpeta asfáltica y conformar una capa uniforme. El espesor de la capa tendida fué del orden de 8 cm. para alcanzar un espesor de 7 cm. en las áreas de maniobras y de 4 cm. en el estacionamiento y camino de acceso.

Antes de realizarse la compactación se le dió una "poreada" a la superficie de la carpeta.

La poreada consistió en esparcir material de carpeta por medios manuales, pala y carretilla, para enseguida darle una barrida con escobas de cerda dura, con lo que el material grueso se desplazaba fuera de la faja en turno, quedando el material fino -- que rellenaba los vacios que hubiesen quedado después del tendido realizado con la máquina Finisher.

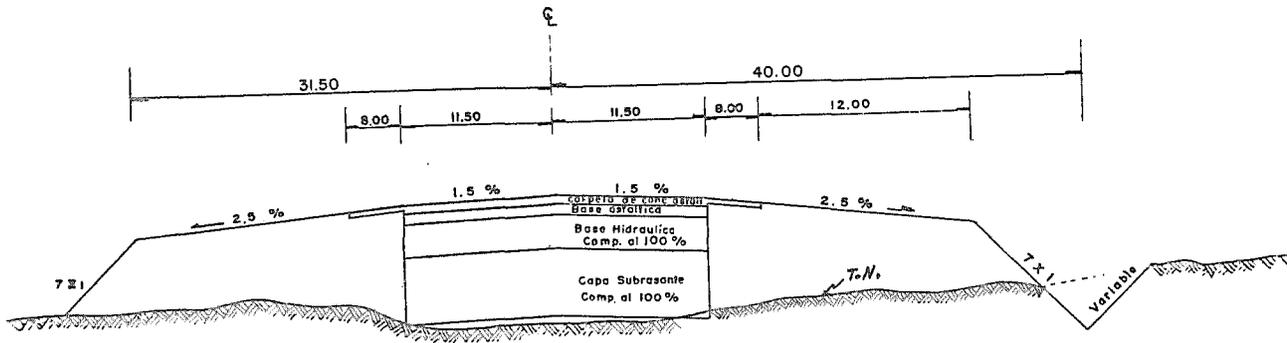
Esta "poreada" es más que nada para cerrar la superficie.

El acomodo y compactación se realizó de la misma manera que para la base asfáltica, dejando que el material alcanzara una temperatura de 100°C-110°C., lo cual ocurrió 20 - 30 min. después, (dependiendo de la temperatura de llegada de la mezcla) la apladora tipo tandem de rodillos lisos realizó 4 pasadas en total, después del acomodo inicial se intercaló el compactador CP-22 de neumáticos que realizó 6 pasadas en un ciclo parecido al realizado para base asfáltica, para alcanzar el 95% mínimo de su P.V.

Un día después de realizado lo anterior se empleó un Duopactor para darla textura requerida que consistía en cerrar el máximo de vacios que hubiesen quedado y se efectuaba en las horas que hacía más sol, lo cual la hacía flexible y resulta lo más adecuado para realizar este tipo de trabajo, al rendimiento observado fué de 50 m<sup>3</sup>/hr.

Para dar por terminada tanto la base asfáltica como la carpeta-asfáltica, se verificó el alineamiento y nivelación para cotejarlos con los de proyecto, la sección y espesor se verificaron al mismo tiempo, que se iban tendiendo ya que se colocaron niveles a cada 5.00 mts., tanto longitudinal como transversalmente. La compactación se determinó con pruebas de laboratorio. A continuación se muestra una sección constitutiva de pista, calle de rodajes y plataforma. En estas se indica como quedaron al --

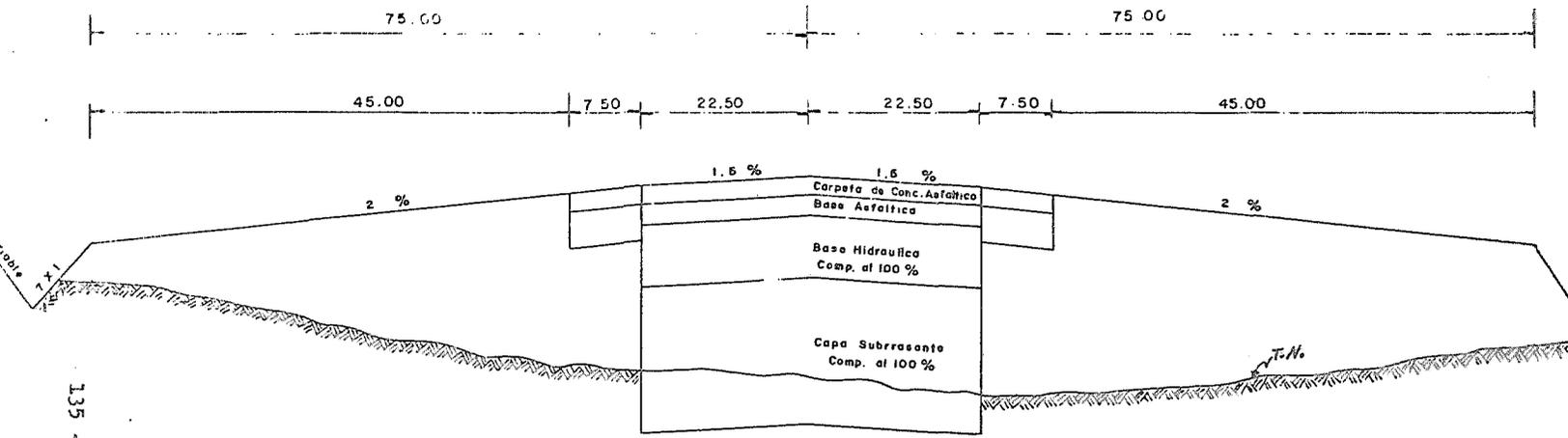
final de los trabajos realizados, dichos elementos.



SECCION CONSTRUCTIVA DE C. DE RODAJE N° 2

- 134 -

U N A M	E.N.E.P.ACATLAN	
	INGENIERIA CIVIL	
	AEROPUERTO DE AGUASCALIENTES	
	JUAN CARLOS ALVARADO J.	PLANO N°



SECCION CONSTRUCTIVA DE PISTA 17-35

U	E. N. E. P. ACATLAN
N	INGENIERIA CIVIL
A	AEROPUERTO DE AGUASCALIENTES
M	
	JUAN CARLOS ALVARADO J. PLANO N°

Posteriormente, para constatar las condiciones en que quedó la carpeta asfáltica, se determinan varios perfilogramas coincidiendo con las zonas de circulación de las aeronaves durante su despegue y aterrizaje, esto se logró con un perfilógrafo el cual nos cuantifica las depresiones existentes, las que comparadas con las especificaciones de operabilidad que debe tener una pista, nos indica si es adecuada. A continuación se describe en lo que consiste el perfilógrafo fabricado por la firma Cox and Sons, de Sacramento California. Este está formado por una estructura de aluminio montada sobre ruedas, una rueda de bicicleta que es la que sigue las ondulaciones de la pista y una caja registradora a la que está conectada la rueda de bicicleta por medio de un alambre que sube o baja siguiendo los desplazamientos verticales de la rueda.

La caja registradora consta de una flecha sobre la que va montado un rollo de papel especial en el que se registra permanentemente las ondulaciones de la pista, esta flecha está conectada mediante cadenas a la rueda de bicicleta por lo que al avanzar ésta hace girar la flecha y el rollo de papel, manteniendo una relación constante entre la distancia que recorre la rueda sobre el pavimento y la longitud que pasa del rollo de papel, esta relación es de 300 a 1 y viene siendo la escala horizontal del diagrama de ondulaciones y rugosidad, haciéndose la grabación por medio de una plumilla que va conectada a la rueda de bicicleta a través de un alambre tensado que sigue los desplazamientos verticales de la rueda a escala natural, que viene siendo la escala vertical del perfilograma.

El diagrama así obtenido es fácilmente estudiado en el gabinete localizando los puntos altos y bajos del acabado superficial y valuando, basado en la cantidad y tamaño de los mismos, la cali

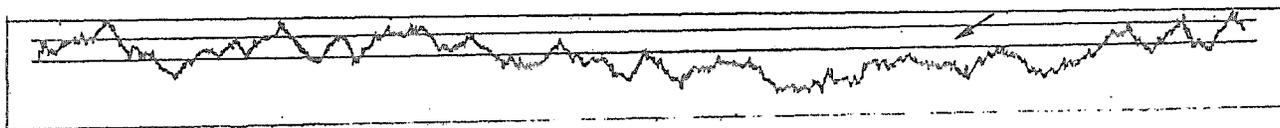
dad de rodamiento de una pista, reduciendo la cantidad de tamaño de los altos y bajos a una expresión denominada Índice de Perfil cuyo valor en pulg./Mi. se podrá comparar con los obtenidos en otros aeropuertos.

El perfilograma o diagrama de ondulaciones y rugosidad está registrado a una escala horizontal de 1:300 y vertical 1:1 y la de terminación del índice de perfil se hace cuantificando en cantidad y tamaño la parte del perfilograma que aparece afuera de una banda central de 0.5 cms. (0.2") utilizada para el caso.

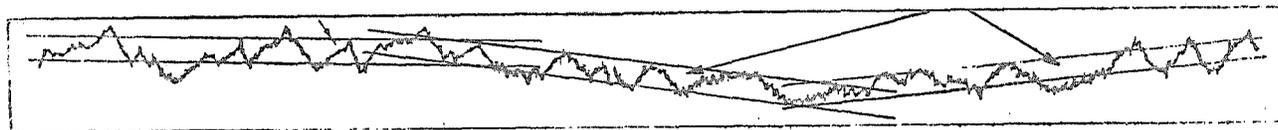
El único equipo necesario para determinar el índice de perfil -- es una reglilla de plástico o papel transparente cuyas dimensiones son 4.318 cms. (1.7") de ancho y 53.63 cms. (21.12") de largo y representa de acuerdo con las escalas antes mencionadas un pavimento de 160.9 mts. (0.1 Milla) de longitud, en lo ancho está dividido en una banda central de 5 mm. (0.2") de ancho y un color opaco, con bandas paralelas adicionales de 2.5 mm. (0.1") de ancho. Estas líneas sirven como una escala conveniente para medir las desviaciones o excursiones del perfilograma arriba o -- abajo de la banda central opaca.

Para el conteo es necesario: colocar la escala de plástico o papel transparente sobre el perfilograma de manera que la mayor -- parte posible del mismo quede dentro de la banda central opaca, -- y una vez logrado ésto, procurar que la parte del perfilograma -- que queda arriba de la banda central esté balanceada con la parte que queda abajo. Para ilustración se puede ver a título de -- ejemplo la figura (a)

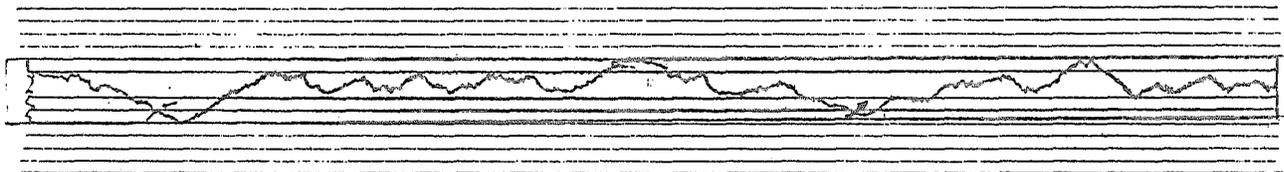
En algunos casos no es posible lograr esto ya que una gran parte del perfilograma queda afuera de la banda central, Fig. (b). -- por lo que cuando esto ocurre el perfilograma podrá ser dividido



Posición desbalanceada Fig. II-b.



Posición cargada Fig. II-c.



Posición balanceada Fig. II-a.

en varios tramos cortos, colocando la reglilla en diferente posición para cada tramo corto, como se indica en la Fig. (c).

El siguiente paso, una vez colocada la reglilla es medir la altura total de todas las ondulaciones del perfilograma que aparecen arriba o abajo de la banda central, aproximando la altura de cada ondulación a 0.25 mm. (0.01") y registrando las lecturas de cada tramo para obtener posteriormente el índice de perfil general.

Un ejemplo podrá ser el siguiente:

<u>DE CAD.</u>	<u>A CAD.</u>	<u>LONG.</u>	<u>SUMA DE LECT. EN CADA TRAMO (0.1")</u>
0+000	0+160	160 mts. (0.1M.)	25.8
0+160	0+320	160 mts. "	37.4
0+320	0+480	160 mts. "	32.3
0+480	0+640	160 mts. "	28.5
0+640	0+800	160 mts. "	21.2
0+800	0+960	160 mts. "	30.0
0+960	1+100	140 mts. "	<u>8.0</u>
			183.2

Entonces el índice de perfil queda definido como las pulgadas -- por milla de un perfilograma que quedan fuera de la banda central de 5 mm. (0.2").

Usando los datos del ejemplo tenemos:

$$\text{Long. } 1000 \text{ mts. } = \frac{1000}{1609} = 0.625 \text{ Mi.}$$

$$\text{Suma de lect. en la long. (0.1") } = 183.2 = 18.32"$$

$$\text{I.P. } = \frac{18.32"}{0.625} = 29.6 \text{ (promedio).}$$

Por otra parte el índice de perfil parcial de cada tramo de -- 160 mts. (0.1Mi.) que componen la longitud total viene siendo la suma de lectura en décimas de pulgadas ya que la relación de décimas de pulgada a décimas de milla es equivalente a la de pulgadas a millas.

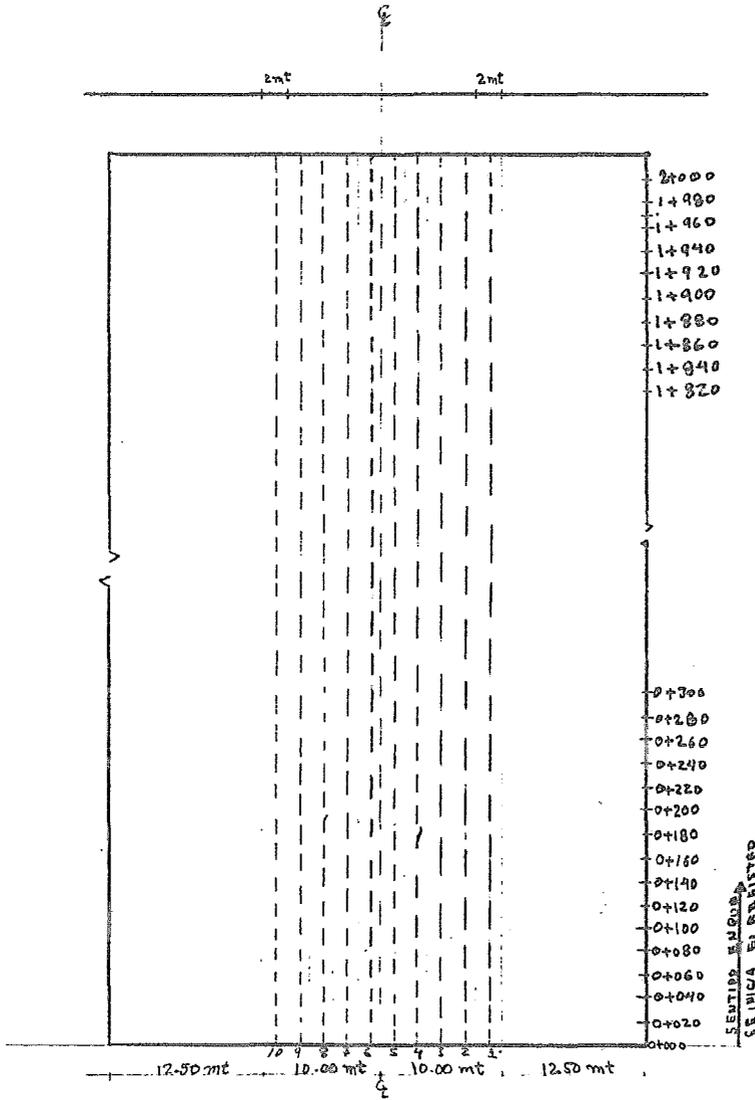
La división de la longitud total de la pista en tramos de 160.9-mts. (0.1M.) obedece a la necesidad de poder valorar la calidad del acabado superficial, en tramos que no resulten de una longitud muy grande (por ejemplo la total) ya que un buen índice de perfil promedio de toda la pista no indica necesariamente que -- presente buenas condiciones al rodamiento de las aeronaves durante el aterrizaje o despegue, ya que puede tener tramos de exce-- lente calidad y tramos en malas condiciones donde se pueden ocasionar problemas a las aeronaves aunque el gran promedio resulte dentro de especificaciones. Así que dado el propósito de este estudio es presentar una solución para llegar a buenas condiciones de rodamiento en las pistas, se juzgo conveniente asegurar ésto exigiendo que cada tramo de 160 (0.1M.) quedara dentro de especificaciones y dando al gran promedio de la pista un valor solo informativo.

A continuación se menciona lo que se considera como especifica-- ciones que debe cumplir un índice de perfil.

- 1.- Promedio general de la pista = 15
- 2.- Máximo Índice de Perfil de un tramo de 160 Mts. = 30.
- 3.- Conteo máximo tolerable en una losa = 5/10".
- 4.- Losas contiguas con el máximo conteo < 3.

Se considera que aceptando esta especificación, basada en un -- control de calidad durante la construcción del pávimento utilizando el perfilógrafo, se tendrá un tipo de superficie que elimine--

el exceso de vibraciones, mejore la calidad general del concreto y aunque todavía no se tienen resultados al respecto, también se mejorarán las características de enfrenamiento; sin necesidad, en la mayoría de los casos de llegar a ranurar el pavimento.



Para determinar el índice de perfil en el campo se siguen los siguientes pasos:

- 1).- Se marcará el cadenamiento de la pista en el sentido correspondiente sobre uno de los acotamientos incluyendo su kilometraje.
- 2).- Enseguida se marcará la franja central que es sobre la que se trabajará la cual estará conformada por 10 mts. a ambos lados del eje de la pista, estos tramos se subdividen en 5 tramos de 2 mts. cada uno, dichas marcas de estos tramos deberán coincidir con el cadenamiento correspondiente del elemento.
- 3).- Una vez realizados los dos pasos anteriores se procede a pasar el perfilógrafo sobre la superficie marcada. Este deberá pasar al centro de los tramos de 2 mts., esto con el fin de que la separación entre ejes sea de 2 mts. entre cada uno de ellos y con esto cubrir la franja central en todo el ancho de 20 mts.
- 4).- Como quedó anteriormente el sentido que seguirá el perfilógrafo será el del cadenamiento, y su inicio será sobre el eje marcado con el número 1 y al término de este, el regreso se hará sobre el eje marcado con el número 6, esto según la figura anexa. Al terminar y dar la vuelta se levantará la rueda de bicicleta para que no marque la pluma y nuevamente se bajara cuando esté sobre el cadenamiento para reiniciar el registro.
- 5).- Sobre el papel se marcará el inicio del cadenamiento a partir del 0+020 ya que si se iniciara desde el 0+000 que es donde remata la pista la línea que se registrase sería -

muy brusca y el registro que se tomase no sería el correcto ya que estaríamos falsenado los datos reales, esto sucedería también al final del cadenamiento de la pista.

Cada vez que se llegue a un cadenamiento múltiplo de 20 sobre el papel. se marcará dicho cadenamiento con otro color diferente al de la gráfica, esto se hará sobre uno de los extremos del papel. Lo anterior se logra con precisión ya que el perfilógrafo tiene adaptada una plumilla para este caso y que es accionada por medio de una palanquita con un movimiento rápido del operador al notar que llega a un cadenamiento marcado.

- 6).- Una vez terminado de hacer el recorrido en la forma indicada, es decir inicio en eje 1 continuar con el eje 6, seguir con el eje 2 y después con el 7 y así sucesivamente, se retira el papel del perfilógrafo y en el gabinete se subdivide en tramos de 160 mts. con lápiz.

Una vez realizado lo anterior se coloca la reglilla de plástico transparente sobre las líneas gráficas y se inicia el conteo para luego determinar el índice del perfil.

El conteo se efectúa como se indica en las páginas anteriores.

Una vez realizado lo anterior si el índice de perfil de cada tramo reportado es superior a 30, se procederá a efectuar el recorte en los tramos definidos por medio de la gráfica obtenida con el perfilógrafo.

Los recortes se harán por medio de una máquina cortadora de protuberancias Concut Modelo BC-244 la cual está diseñada para lograr que las superficies irregulares de rodamiento, dentro de las más exactas especificaciones se realicen de la manera más precisa cuando esta sea operada debidamente. Debido a que esta máquina es de tal precisión y debido al valor de la cabeza cortadora, la cortadora de protuberancias deberá ser, a todo momento, tratada como un instrumento muy delicado.

La cortadora de protuberancias Concut Modelo BC-244 es una máquina rasadora con una dimensión de toda la estructura, aproximadamente de 4 ft. de ancho, 16 ft. de largo y 5 ft. de altura. Tiene una estructura de acero que se mueve sobre ruedas de hule duro. Tiene cuatro ruedas de 12 pulg. en la parte posterior de la máquina, que ruedan a la trayectoria de la cabeza cortadora y dos ruedas de 10 pulg. de diámetro en la parte delantera de la máquina con una rueda de pivote giratorio de 8 pulg. La cabeza cortadora consta de 120 hojas cortadoras de diamantes impregnados, montadas en un mandril con un espacio de 0.065 pulg. entre los segmentos cortadores. La cabeza cortadora está en una posición de manera que las ruedas del frente que deben rodar sobre la protuberancia, tienen muy poco efecto en la cabeza cortadora, comparado con las ruedas traseras, las que ruedan sobre un camino nivelado. Por esta razón, la cortadora de protuberancias está capacitada para buscar una área áspera y hacerla que quede dentro de las especificaciones, meramente rodando sobre

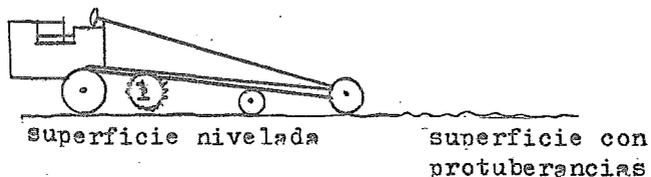
una área. Sin embargo, generalmente es preferible localizar -- la protuberancia por medio de una máquina perfilógrafa y marcar donde principia y donde acaba la protuberancia, lo mismo que la altura de la protuberancia, aproximada, antes de iniciar la ope ración; también marcar el lado más nivelado de la protuberancia para determinar la dirección del acercamiento.

Después de realizar lo anterior se deberá checar la máquina pa-  
ra ver que este ajustada para ejecutar el trabajo a las especi-  
ficaciones requeridas. Mediante el uso de la orilla recta, se-  
debe de encontrar una área la más nivelada posible y poner la -  
máquina en ésta. Hay cuatro ajustes que controlan la nivela---  
ción de la máquina. El primer punto por checar es con la máqui-  
na sobre una sección nivelada del pavimento que la orilla trase-  
ra de la máquina esté exactamente a la misma distancia del pavi-  
mento en ambos lados, después deberá bajarse la cabeza cortado-  
ra con sus controles hidráulicos, de manera que descance sobre-  
el pavimento. Estar seguro de que la cabeza cortadora no este-  
revolucionando antes de bajarla al pavimento. Con la cabeza --  
cortadora descansando sobre el pavimento, se deberá regresar --  
a ambos tornillos ajustadores de la cabeza, hasta que esten ale-  
jados del marco principal de la máquina, después apretar ambos-  
tornillos hasta que ambos toquen igualmente el marco principal.  
Después darles vuelta a ambos tornillos ajustadores de la cabe-  
za una y media vuelta hacia la derecha para que la cabeza corta-  
dora esté ligeramente arriba del plano nivelado. La cabeza cor-  
tadora debe estar apenas despegada del pavimento, en este punto,  
si no entonces hay que continuar dándole vueltas a los tornillos  
ajustadores simultáneamente, hasta que ambos lados de la cabeza  
cortadora libren el pavimento. Se puede probar esto, tratando-  
de hacer girar la cabeza cortadora con la mano; con la máquina-

ajustada de ésta manera debe quedar con la separación de la -- superficie del concreto de 1/8 de pulg. 10 ft. Si se requiere de una tolerancia más cercana se puede bajar la cabeza después de una sección de corte de prueba.

Se deberá siempre de rasar el concreto longitudinalmente, es -- decir trabajar la cortadora paralela a la dirección del concreto (y que fué pavimentado) y en la dirección del tráfico. Para mayor precisión, cuando sea posible, debe de acercarse a la protuberancia por el lado que se acerque más al nivel o al plano que es el deseado. Durante el proceso deberán de estar enfriándose con agua las hojas cortadoras.

#### CROQUIS DE LA MAQUINA CORTADORA



(1) cabeza cortadora

CONCLUSIONES.

## CONCLUSIONES.

Como podrá observarse antes de proyectar una obra de este tipo es necesario conocer y realizar un estudio de la región en la cual se erigirá la obra con todos los antecedentes que -- sean necesarios para efectuar la correcta localización, para-- no caer en el error de que la construcción en un futuro rela-- tivamente corto se vea rodeada por el crecimiento del área -- urbana.

Una vez efectuada la localización del sitio para la construc-- ción se tiene que elaborar un Plan Maestro que contemple to-- das las áreas de los elementos con que debe de contar el Aero-- puerto.

También deberá de contarse con un estudio Geotécnico previo a los trabajos por ejecutar. La importancia de éste estudio -- esta en que nos indica o nos informa con que tipo de material vamos a trabajar y en base a esto saber que tipo de maquina-- ria es la más conveniente para determinados trabajos, nos in-- dica también los bancos de materiales de donde extraeremos -- éstos para construir las terracerías y pavimentos y que posi-- ble tratamiento se les brindará para mejorar su calidad. Co-- mo podrá notarse este estudio es muy importante ya que con su información nos daremos cuenta de la diversa clase de traba-- jos que tendremos que realizar y así ir programando nuestras-- actividades. Además de que por el gran movimiento de tierra-- deben ser lo más certero posible en sus resultados, ya que en esto va el bajo o alto costo de la obra.

Por otra parte el diseño de pavimentos estará apoyado en di-- cho estudio ya que dependiendo de su información estaremos en posibilidades de construir un pavimento de espesor grande o --

uno reducido, y si es uno grande, tratar de emplear el material que resulte más económico pero sin restarle seguridad y calidad al pavimento.

Por lo que respecta a las especificaciones que se mencionan sirven para dar un margen en cuanto a la calidad de los materiales que se emplean en las obras, ya que estas siguiendo un criterio adecuado nos permitirá decidir si un material podrá ser empleado en la construcción, si es así ver si en su estado natural se puede utilizar o será necesario darle un tratamiento para mejorar su calidad. También habrá que ver en que lo queremos emplear, todo lo anterior se puede realizar siempre y cuando no se afecten sus condiciones estructurales.

Como podrá observarse éstas especificaciones pueden considerarse como una guía al ejecutarse y/o verificar los trabajos realizados.

En cuanto al proceso constructivo éste se realiza de acuerdo al tipo de material que se este trabajando y en que se este empleando dicho material, además de que la maquinaria que se emplee en esta obra no será necesariamente la misma que se tenga que usar en otra obra de este mismo tipo.

También se hará necesario la elaboración de un programa de obra en el cual involucremos todas las actividades que ejecutaremos para que de ésta manera tengamos una secuencia lógica de trabajo y que la maquinaria que se necesite este en el momento oportuno para no retrasar los trabajos y éstos se realicen en un determinado período programado.

En general podemos concluir que en éste tipo de obra se persiguen los tres principios básicos de la Ingeniería: seguridad, funcionalidad y economía, ya que como podrá notarse se lleva un control técnico estricto de la obra. Lo anterior propicia que no se realicen gastos innecesarios que puedan incrementar el costo de la obra, por lo tanto el control financiero también es estricto en este tipo de construcciones.

Podemos agregar también que con esta obra el estado de Aguas calientes quedará comunicado por vía aérea, esto es muy importante ya que siendo un estado con incipiente desarrollo industrial podrá manejar de una manera más rápida y eficiente su economía con el resto del país y quizá también con el extranjero.

## BIBLIOGRAFIA.

- Herbert L. Nichols, Jr.: Movimiento de Tierras, 1a. Edición, México, Continental, S.A., 1979, 1111 p.
- Rico Rodríguez, Alfonso y Del Castillo, Hermilio. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Tomo II, 1a. Edición, México, Limusa, 1978, 643 p.
- Etcharren Gutiérrez, Rene. Manual de Caminos Vecinales, - 2a. Edición, México, Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A., 1980, 387 p.
- Juárez Badillo E. y Rico - - Rodríguez, Alfonso. Mecánica de Suelos, Tomo I, -- 3a. Edición, México, Limusa, - 1975, 642 p.
- Arredondo Yuerdu, Francisco: Compactación de Terrenos, 1a. Edición, España, Editores Técnicos Asociados, S. A., 1977, - 260 p.
- Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y -- Social: Guía para la Presentación de - Proyectos, 9a. Edición, México, Siglo XXI, 1980, 230 p.
- Secretaría de Obras Públicas: Especificaciones Generales de - Construcción, Parte Segunda, - México, 1976, 102 p.
- Secretaría de Obras Públicas: Especificaciones Generales de - Construcción, Parte Cuarta, -- México, 1974, 250 p.
- Secretaría de Obras Públicas: Especificaciones Generales de - Construcción, Parte Octava, -- México, 1973, 132 p.
- Villalaz Crespo, Carlos: Vías de Comunicación, 1a. Edición, México, Limusa, 1980, -- 688 p.

Organización Internacional de  
Aviación Civil:

GEOTEC.

Anexo 14.

Estudio Geotécnico para  
la Localización de Ban-  
cos de Materiales para-  
el Aeropuerto de Aguas-  
calientes, 1980, 55 p.