

T-23

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**



**COORDINACION DE OBRA EN LA**  
**CONSTRUCCION DE UN AEROPUERTO**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO CIVIL**  
**P R E S E N T A**

**FERNANDO HERRASTI BOLAÑOS**

**México, D. F.**

**1979**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis 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.



VENEZUELA NACIONAL  
AVENIDA

FACULTAD DE INGENIERIA  
EXAMENES PROFESIONALES  
60-1-306

Al Pasante señor FERNANDO HERRASTI BOLAÑOS  
Presente.

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a -  
continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Pro-  
fesor Federico Davall, para que lo desarrolle como tesis en su Exámen  
Profesional de Ingeniero Civil.

**"COORDINACION DE OBRA EN LA CONSTRUCCION DE UN --  
AEROPUERTO"**

- 1.- Descripción de los sistemas del aeropuerto.
- 2.- Análisis de las partes constructivas y de instalaciones.
- 3.- Coordinación de actividades.
- 4.- Posibilidades de programación.
- 5.- Planteamiento de un caso teórico.
- 6.- Conclusiones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo  
especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social  
durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable -  
para sustentar Exámen Profesional; así como de la disposición de la Di-  
rección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprí-  
ma en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo  
realizado.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, 27 de octubre de 1978.  
EL DIRECTOR



ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

  
JJE/OLH/mdr.-

## PROLOGO

En la actualidad se estan llevando a cabo una serie de programas constructivos a nivel nacional que sirven de infraestructura para el desarrollo del país, lo cual hace indispensable la intervención del ingeniero que con su preparación técnica realice los programas dentro de un máximo de economía y a la vez satisfaciendo las especificaciones que marque el proyecto.

Sin embargo es entristecedor ver que en la mayoría de esos programas constructivos se desperdician gran cantidad de recursos, sobre todo los económicos, por carecer de una eficiente coordinación, programación y administración de las obras.

Es por eso que al concluir mis estudios profesionales, me interesé en realizar mi Servicio Social en el Aeropuerto Norte de Sinaloa, por considerar que se trata de una obra en la que intervienen varias áreas de la carrera y así poder hacer un trabajo que hablara de mis inquietudes por construir obras debidamente coordinadas y programadas para evitar al máximo los perjuicios que causan el no hacerlo.

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

Los aeropuertos en la actualidad juegan un pa pel muy importante dentro de la infraestructura del país porque forman polos genêradores de importantes activida des económicas y por consiguiente un desarrollo regio-  
nal dinámico. Es por esto que día a día va creciendo la demanda de aeropuertos que satisfagan el contínuo aumento de la aerotrasportación de viajeros y de carga.

Es objetivo del presente trabajo tomar en cuen ta, para la construcción de un aeropuerto, todos y cada uno de los elementos que lo componen con la finalidad de hacer una relación de actividades constructivas para des pués coordinarlas y programarlas adecuadamente.

Sin embargo, en la descripción de los compo nentes que forman un aeropuerto, como son: las partes constructivas, instalaciones especiales y sistemas, tra-  
to de no internarme en el amplio campo de especificacio nes que existe por no ser este el objetivo.

Por otro lado manifiesto que para la elabora ción de esta Tesis recurrí a la utilización de recursos humanos o sea, aquellas personas que me ayudaron con sus pláticas, consejos, experiencias y recomendaciones relacionadas al tema; recursos tecnológicos, tales como apuntes, libros, revistas y demás publicaciones; y re-

cursos tecnológicos, tales como: papelería, planos, copias, etc.

## I N D I C E

	PAG.
<b>CAPITULO I.- DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DEL AEROPUERTO</b>	1
-Espacios Aéreos	2
-Pistas	4
-Calles de Rodaje	9
-Plataformas	12
-Ayudas Visuales Luminosas	17
-Ayudas Visuales	18
-Zona Terminal	21
-Camino de Acceso	24
-Zona Industrial	25
-Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios	26
-Zona de Combustibles.	27
<b>CAPITULO II. ANALISIS DE LAS PARTES CONSTRUCTIVAS Y DE INSTALACIONES</b>	29
-Terracerías	29
-Pavimentos	34
-Obras de Drenaje	37
-Equipos Electrónicos	39
-Ayudas Visuales Luminosas	44
-Cimentaciones y Estructuras	55
-Iluminación Interior y Exterior de Edificios	59
-Aire Acondicionado	61
-Instalaciones Especiales	64
-Estacionamientos	66
-Caminos de Servicio Interior	68
-Cercados	70
-Almacenamiento y Distribución de Combustibles	71
-Accesos e Intersecciones	76
-Servicios a Zonas Industriales	79
-Subestaciones Eléctricas	80
-Torre de Control	83
-Servicio de Rescate y Extinción de Incendios	85
-Abastecimiento de Agua	87
-Drenaje Pluvial, Industrial y San.	91

CAPITULO III.-	COORDINACION DE ACTIVIDADES	95
	-Zona Aeronáutica	95
	-Zona Terrestre	97
	-Zona Terminal	98
	-Zona Industrial	100
	-Coordinación	104
CAPITULO IV.-	POSIBILIDADES DE PROGRAMACION	107
CAPITULO V.-	PLANTEAMIENTO DE UN CASO TEORICO	112
	-Zona Aerodinámica	114
	-Zona Terrestre	118
	-Zona Terminal	120
	-Zona Industrial	123
CAPITULO VI.-	CONCUSIONES	126
	BIBLIOGRAFIA	129

**C A P I T U L O I****DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DEL AEROPUERTO.**

El aeropuerto puede definirse como la liga entre dos medios de transporte, el aéreo y el terrestre.

Un aeropuerto se concibe como el siguiente conjunto de sistemas:

- Espacios Aéreos.
- Pistas, Calles de Rodaje y Plataformas.
- Zona Terminal.
- Camino de Acceso.
- Zona Industrial.

Este conjunto de sistemas trabaja en forma armónica, de tal manera que si alguno de ellos dejara de funcionar, podría ocasionar la falla de todo el conjunto.



## Espacios Aéreos

Se puede definir a los espacios aéreos como el volumen de atmósfera que hay alrededor de los aeropuertos, que debe mantenerse libre de obstáculos, para que puedan llevarse a cabo con seguridad las maniobras previstas de los aviones. Esta zona despejada de obstáculos, se logra mediante una serie de superficies que limitan hasta dónde los objetos pueden proyectarse en el espacio aéreo, variando sus dimensiones y pendientes en función del tipo de maniobra y clasificación de la pista.

Las maniobras a que nos referimos son:

- Aproximación Visual
- Aproximación por Instrumentos
- Aproximación de Precisión
- Aproximación Fallida
- Despegue

La clasificación de pistas según la OACI  
(Organización de Aviación Civil Internacional)

y la FAA (Federal Aviation Administration) es:

CATEGORIA	OACI	FAA
	Longitud básica de pista	Características
A	Desde 2,100 m en adelante	VA 91 W 30,000
B	Desde 1,500 m hasta 2,100 m	91 Va 121 30,001 w 60,001
C	Desde 900 m hasta 1,500 m	121 Va 141 60,001 W 150,001
D	Desde 750 m hasta 900 m	141 Va 161 W 150,001
E	Desde 600 m hasta 750 m	Va 161

VA.- Velocidad de aproximación en nudos

W.- Peso máximo de aterrizaje en libras

La clasificación de la FAA está basada en el TERP'S (Terminal Instrument Procediment), el cuál relaciona el cálculo de la longitud de pista con la maniobrabilidad de aproximación (Va) y el peso máximo de aterrizaje (W).

La velocidad de aproximación es 1.3 veces la velocidad de desplome.

## PISTAS, CALLES DE RODAJE Y PLATAFORMAS

### Pistas.

Una pista se puede definir como el área rectangular definida en un aeropuerto terrestre preparada para el aterrizaje y despegue de aeronaves.

Las pistas en todo aeropuerto deben tener una determinada orientación que depende de los vientos dominantes y de los espacios aéreos. Con la distribución de los vientos, determinados el coeficiente de utilización que no debe ser inferior al 95 por ciento. Para el cálculo del coeficiente, se utilizan estadísticas confiables de la distribución de los vientos que abarquen un período de observaciones no menor a 5 años y por lo menos 8 veces al día a iguales intervalos de tiempo.

La OACI clasifica a las pistas por su longitud básica, que se define como la longitud de pista necesaria para el despegue o aterrizaje en condiciones correspondientes a la atmósfera tipo, a elevación -

cero, con viento y pendiente de pista nulos; por lo que para un aeropuerto que no se encuentre en estas condiciones, su longitud verdadera de las pistas será la suma de la Longitud Básica más unas correcciones por altitud, temperatura y pendiente de la pista.

El número de pistas se determinará por un estudio de vientos y por la capacidad contra la demanda. El resultado de los estudios de vientos nos diría si es necesario una pista adicional para vientos cruzados.

### Ancho de Pista.

Transversalmente una pista se compone de la pista de aterrizaje propiamente dicha, y de las franjas de seguridad laterales.

La OACI recomienda que el ancho mínimo de las pistas será:

45m para pistas con clave A ó B

30m para pistas con clave C

23m para pistas con clave D

18m para pistas con clave E

Los principales elementos de que consta una pista son:

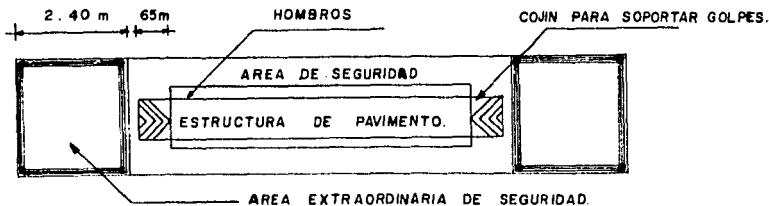
-Estructura de pavimentos la cual soporta las cargas del avión.

-Hombros adyacentes a la estructura del pavimento, diseñados para resistir la erosión debido al golpe del aire de las turbinas del avión y para la circulación del equipo de mantenimiento.

-Cojín para soportar golpes, siendo el área adyacente a las cabeceras de la pista, diseñada para preveer erosiones pues estos lugares están sujetos a constantes golpes de los aviones en el aterrizaje y a el intenso viento de las turbinas al despegue. Debe tener una longitud de 65m.

-Area extendida de seguridad, es el área que se encuentra después del cojín, provista para reducir un probable accidente, se recomienda que ésta tenga una longitud de 240m aproximadamente.

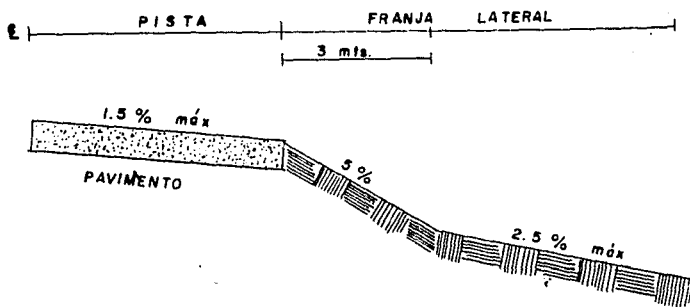
-Area de seguridad de la pista, adyacente a los -  
hombros, limpia de obstáculos que incluye estructura de pavimento, drenaje y terminada a la rasante del pavimento.



### Pendiente Transversal.

La pendiente transversal en una pista es con el fin de facilitar la rápida evacuación del agua, y así - proteger a los aviones de un deslizamiento o del - fenómeno de "acuaplaneo", en las maniobras de aterrizaje o despegue.

La OACI recomienda una pendiente transversal de 1.5 por ciento máxima para pistas y una pendiente de 2.5 por ciento en franjas laterales de pistas con clave A,B,6C.



### Calles de Rodaje.

Se pueden definir como la vía definida en un aeropuerto terrestre, escogida o preparada para el rodaje de aeronaves y que comunica a la pista con la plataforma y a los hangares.

Las calles de rodaje pueden ser de entrada y salida de la pista. Las calles de rodaje de entrada se conectarán a la pista en las cabeceras y son para efectos básicos de despegue. Las calles de rodaje de salida sirven para desalojar la pista y pueden tener conexión a lo largo de la pista. Actualmente en la mayoría de los aeropuertos nacionales, las calles de rodaje solo son dos (por razones de capacidad) y se usan indistintamente de entrada ó salida según convenga, se conectan en la parte media de la pista; esto implica que se tenga que hacer una ampliación de pavimento en los extremos o a lo largo de la pista con el propósito de permitir el viraje en redondo de los aviones.



### Anchura de las calles de rodaje.

La OACI recomienda que la parte rectilínea de una calle de rodaje deberá tener un ancho no menor de:

Letra de clave de la pista más larga servida	Anchura de la calle de rodaje
A B	23m
C	15m
D	10m
E	7.5m

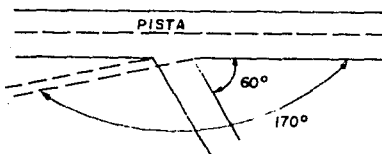
Para la parte curvilínea deberá de tener una anchura suplementaria de tal modo que la distancia libre entre la rueda exterior del tren principal del avión y el borde de la calle de rodaje no sea inferior a :

- 4.5m para pistas de clave A ó B
- 3m para pistas de clave C
- 2.25m para pistas de clave D
- 1.5m para pistas de clave E

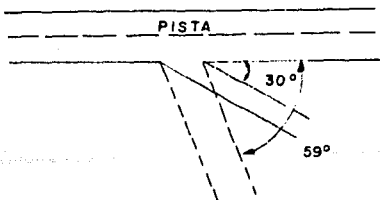
Además las calles de rodaje deben tener sus acotamientos pavimentados y sin obstáculos, con el fin de proteger los motores y alas de los aviones.

Ahora bien, por el ángulo de deflexión, las calles de rodaje pueden ser:

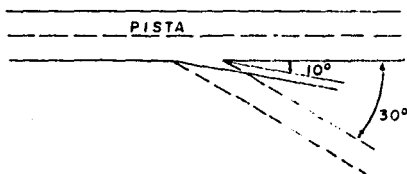
-Ángulo Recto.- que prácticamente la velocidad del avión debe ser cero para efectuar la maniobra.



-Ánguladas.- la velocidad del avión es de 30 ó 40MPH



De Alta Velocidad.- la velocidad del avión es de 60 MPH pero en la actualidad es de 40 MPH para evitar la fatiga del tren de aterrizaje.



Plataformas.

Las plataformas son áreas físicas de un aeropuerto terrestre donde se da servicio de estacionamiento a las aeronaves para realizar diversas actividades como:

- carga y descarga de pasajeros
- abastecimiento de combustible
- limpieza del avión.

Las plataformas son consideradas como áreas críticas, ya que es el área donde actúa el peso máximo estructural del avión sobre el pavimento.

### Formas de Estacionamientos

La más usual en nuestro país es la forma paralela porque es la más fácil para estacionarse, permite un mínimo de maniobras, es decir:

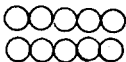
- No necesita remolque para salir de su posición.
- Las puertas delanteras y traseras pueden usarse para carga y descarga.

Pero tienen la desventaja de ocupar más espacio que la posición perpendicular.

### Tipos de Plataformas

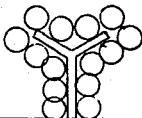
Plataforma Abierta.- no hay liga física entre el paramento del edificio y el avión. Este tipo de plataforma presenta algunos inconvenientes pues el pasajero puede perderse, abordar otro avión, sufrir algún accidente, esta expuesto a la intemperie, etc.

## a) Plataforma Abierta.



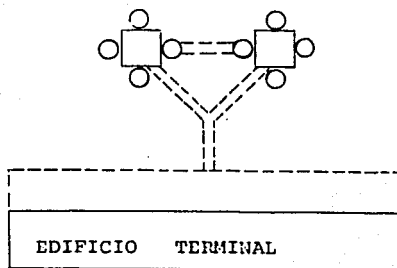
EDIFICIO TERMINAL

## b) Plataforma de Andenes 6 Fingers.

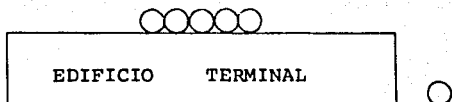


EDIFICIO TERMINAL

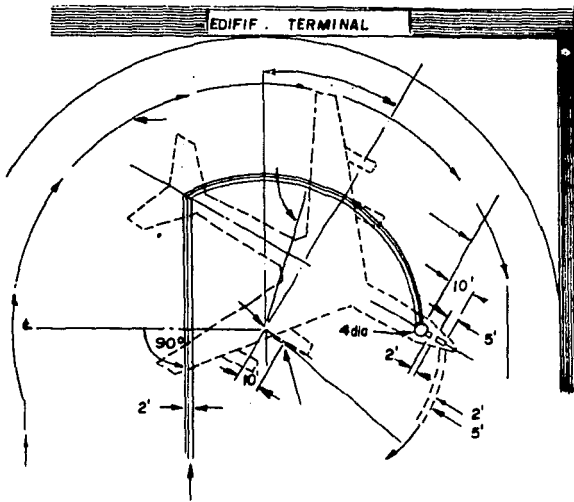
- c) **Plataforma Satélite.**- Son pequeños edificios, desplazados del Edificio Terminal interconectados mediante túneles o andenes.



- d) **Plataforma Frontal**



El dimensionamiento de la plataforma depende de la maniobrabilidad de los aviones con sus motores o con tractores, pues se necesita determinar el área de giro, y para darnos idea es del órden de 10,000 a 12,000 m<sup>2</sup>. por avión.



## AYUDAS VISUALES LUMINOSAS

En los Aeropuertos que van a ser utilizados durante la noche, como ocurre en la mayoría de los casos, es necesario la instalación de un sistema de señales luminosas que dé a la tripulación de las aeronaves una idea lo más clara posible de las características o configuración del Aeropuerto, asegurando así el tránsito en todo tiempo aunque la visibilidad resulte disminuída por la niebla, nieve, lluvia, polvo, etc.

Para la iluminación de un Aeropuerto se presenta un problema particular que depende del tamaño del mismo y de su forma, de la intensidad de tránsito y horas de utilización; pero cualesquiera que sean, el sistema empleado debe seguir un lineamiento que por razones de seguridad, se usa en Aeropuertos a nivel mundial.

Las señales o ayudas visuales luminosas las podemos dividir en:

- A).- Luces de borde de pista.
- B).- Luces de borde de calles de rodaje y plata  
forma.
- C).- Luces de eje de pista.
- D).- Luces de eje de calle de rodaje.
- E).- Luces para salida de alta velocidad.
- F).- Sistema de iluminación de aproximación.



- G).- Luces de zona de toma de contacto.
- H).- Sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación. (VASIS).
- I).- Cono de viento.
- J).- Faro giratorio.
- K).- Luces de umbral de pista.
- L).- Luces de extremo de pista.
- M).- Luces indicadoras de fin de pista (REIL).

#### AYUDAS VISUALES

Con el fin de auxiliar a los pilotos para que se guíen en las pistas, calles de rodaje y plataformas, se colocan señales (números y/o letras) en el pavimento. Estas señales serán de ayuda durante el día y el atardecer.

Se acostumbra usar para estas señales, el color blanco o negro en las pistas, y el color amarillo en las calles de rodaje y plataformas, de manera que resalte lo mejor posible del pavimento.

Las cabeceras de las pistas deberán estar marcadas con un número que indica el azimut magnético de la pista en la dirección de aterrizaje. El número estará dado a los 10 grados más próximos y con la omisión del último dígito; siendo así, el azimut de 273° será marcado con el número 27 para una cabecera y 09 para la cabecera que da al Oeste.

Cuando existen pistas paralelas, se sitúa debajo del número una o más letras que indican su posición iz

quierda, derecha o central en la dirección de aproximación. La OACI recomienda, en el caso de que existan dos pistas paralelas, se marque con una I la de la izquierda y con una D la derecha; para tres pistas paralelas serán I, C y D; para cuatro pistas paralelas I, IC, DC, D; si hay cinco pistas I, IC, C, DC, y D respectivamente.

El eje de la pista se marca con una línea de trazos que se extiende a todo lo largo entre los dos números de los extremos de la misma.

El señalamiento de los primeros 600 metros de cada extremo de la pista o zona de contacto, consiste en una serie de fajas longitudinales de 22.5 m (mínimo), colocadas simétricamente a cada lado del eje de la pista, a intervalos de 150 m.

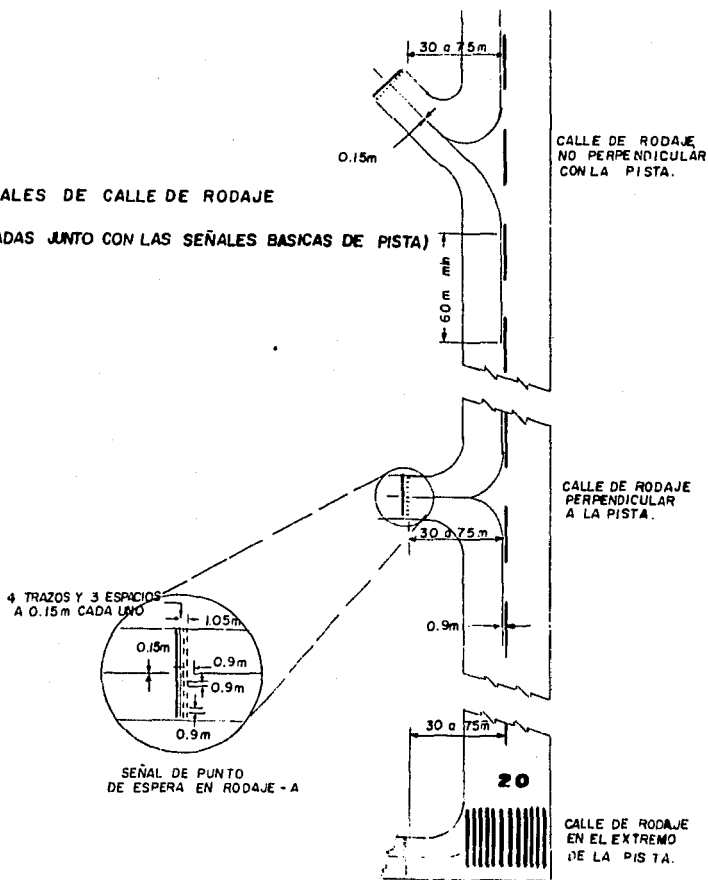
En todas las pistas para vuelo instrumental que se usan en condiciones de poca visibilidad diurna deben proveerse de señales de entrada de pista que se sitúan en ambos extremos a 6 m del comienzo. Estas señales, serán franjas longitudinales de 30 m dispuestas simétricamente respecto al eje de la pista.

Para las calles de rodaje es necesario marcar el punto de espera del avión antes de entrar o cruzar una pista. Se sitúan a 30 m mínimo del cruce. Consisten en dos líneas continuas y dos de trazos normales a la

calle; son de 15 cm de ancho y los trazos de 90 cm de largo y separación.

En las plataformas es necesario marcar las líneas de trayectoria de las ruedas delanteras de los aviones para situarse en los muelles.

**SEÑALES DE CALLE DE RODAJE**  
(REPRESENTADAS JUNTO CON LAS SEÑALES BASICAS DE PISTA)



## ZONA TERMINAL.

Es la liga entre el estacionamiento y la plataforma y que debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Encontrarse lo más cerca posible del centro geométrico del aeropuerto para facilitar y acortar las comunicaciones de los aviones a los transportes terrestres.
- Debe situarse esta zona en el lado del aeropuerto más accesible a la ciudad para acortar las comunicaciones con la misma.
- Debe tener amplitud suficiente no solo para los servicios administrativos actuales, sino también para las construcciones futuras.

Esta zona terminal debe contar con los siguientes elementos y servicios:

A).-Grupo Administrativo:

- Oficinas de dirección, Gobierno y Administración.
- Delegaciones administrativas.
- Compañías aéreas.
- Visitantes.
- Hoteles.
- Garajes.
- Sala de juntas y convenciones.

-Estacionamiento de vehículos.

B).- Grupo Terminal:

- Andenes, muelles y pasarelas.
- Entrega y recepción de equipajes
- Aduana, policia.
- Sanidad.
- Moneda.
- Tiendas.
- Oficinas operacionales de compañías.
- Agencias de viajes.
- Alquiler de automóviles.

C).- Grupo Terminal de Mercancías y Correos:

- Estación de mercancías.
- Despachos aduaneros.
- Depósitos francos.
- Clasificación y almacenaje.
- Oficinas de correos.
- Muelles de carga y descarga.

D).- Grupo Técnico:

- Dirección de tránsito.
- Torre de control.
- Información de tripulaciones y operaciones de empresas.

- Planes de vuelo.
- Información metereológica.
- Servicios eléctricos y subestaciones.
- Agua y evacuación.
- Servicios contra incendios.

### CAMINO DE ACCESO.

Se define como el camino terrestre que une el estacionamiento de vehículos del aeropuerto con el sistema de carreteras de enlace con la población.

La rapidez es una de las ventajas decisivas en el transporte aéreo, siendo de mayor importancia el tiempo en llegar o salir del aeropuerto que el tiempo empleado de vuelo. Para lograr el recorrido en el mínimo tiempo, será necesario contruir vías terrestres de alta velocidad.

El camino de acceso debe tener una buena localización que ofrezca seguridad, capacidad, utilidad, economía de tiempo y consumos en la operación del vehículo. Se evitarán, cuando sea posible, los desniveles, curvas, cruces con otras vías de comunicación, vados, etc. Además se diseñará y proyectará de acuerdo a las necesidades actuales y futuras.

Uno de los problemas de mayor importancia en el diseño de caminos es el de proporcionar intersecciones especiales para facilitar la entrada o salida del camino, lo cual se puede lograr mediante la instalación de semáforos, entronques a desnivel o ensanchamientos de la corona .

## ZONA INDUSTRIAL.

La zona industrial debe contar con los siguientes servicios o elementos:

- Hangares para aeronaves.
- Revisiones periódicas de aeronaves.
- Servicio de pruebas a motores.
- Taller eléctrico.
- Talleres varios.
- Industrias auxiliares.
- Locales de mantenimiento.
- Compañías aéreas.
- Taller de automóviles.

Esta zona debe situarse a continuación de la zona terminal y con libre acceso al campo de vuelos, o en otra zona separada, pues la relación que existe entre ellas puede resolverse con comunicación telefónica.

Toda ésta zona debe tener espacio para estacionamiento de automóviles, siendo preferible que este servida por un ferrocarril con muelles de carga y descarga convenientemente situados, que faciliten el transporte de esta pequeña ciudad industrial.



Los talleres son los elementos más empleados en los aeropuertos, los que utilizan hangares para cubrir el avión y que permiten la reparación y revisión de las partes dañadas.

Los edificios de mantenimiento comprenden en primer lugar, una serie de construcciones adosadas a los hangares y talleres generales destinados a la revisión de motores, fabricación y almacenes; despachos de técnicos y oficinas de diferentes compañías aéreas, ya que todos estos elementos serán necesarios para el mantenimiento.

En segundo lugar deben existir edificios que acomoden todos los servicios de mantenimiento del aeropuerto como son:

- Garajes para segadoras, vehículos de servicio de limpieza y barrido.
- Talleres de electricidad, carpintería, fontanería, mecánica y pintura.
- Puestos de socorro, comedores de obreros, locales para instalaciones de radio, etc.

- - 0 - -

#### CUERPO DE RESCATE Y EXTINCION DE INCENDIOS.

El propósito fundamental del cuerpo de rescate y extinción de incendios es salvar vidas humanas. Por

este motivo resulta de primordial importancia disponer de medios para hacer frente a los accidentes de aviación que ocurran en un aeropuerto o en sus cercanías. Es necesario prever de manera permanente, la posibilidad y necesidad de extinguir un incendio que pueda presentarse inmediatamente después o en cualquier momento de las operaciones de salvamento.

Pueden designarse organismos públicos o privados debidamente situados y equipados para prestar los servicios de rescate y extinción de incendios. El edificio que ocupen está situado normalmente dentro del aeropuerto, y contará con oficinas, dormitorios, garajes para vehículos, sala de juntas, depósitos para almacenamiento de agua y extintores, baños, etc.

#### Zona de Combustibles.

La zona de combustibles la podemos dejar comprendida dentro de la zona industrial, y deberá disponer de:

- Un sistema de transporte de combustible al aeropuerto.
- Un sistema de almacenamiento a granel, constituido por un conjunto de depósitos enterrados o superficiales, relativamente alejado de la pista y a una distancia tal

de la zona terminal o instalaciones centrales que no pueda causar daños a ellas en caso de incendio.

-Un sistema de conducción de combustible desde la zona de almacenaje a la zona de distribución, constituido por camiones cisterna (pipas) o por tuberías y surtidores que estén dotados de: (a).-bombas con depósitos de cierta capacidad para el almacenaje inmediato, que se encuentran generalmente enterrados y (b).- una red de distribución con válvulas que suministran el combustible a los surtidores (hidrantes) que se localizarán en la plataforma.

Esta zona a su vez, deberá contar con los combustibles que actualmente estén en consumo tales como:

Gasolinas.- llamadas en México "gasavión"

usada en motores de pistón, se clasifican por su octanaje en:

- 80-87 empleada en avionetas de enseñanza y observación.
- 91-96 para pequeños aviones de entrenamiento y helicópteros.
- 100-130 para aviones de transporte.
- 115-145 para aviones de gran radio de acción.

Kerosina.- comunmente llamada "turbosina"

usada en aviones con motores de turbina.

## CAPITULO II

## ANALISIS DE LAS PARTES CONSTRUCTIVAS Y DE INSTALACIONES.

## TERRACERIAS.

Las terracerías son los materiales necesarios para dar niveles terminados de rasante o subrasante a una estructura determinada.

A continuación se describen las operaciones que se deben hacer para llegar a los niveles requeridos:

## Desmante.

Es la remoción de la vegetación existente en las áreas destinadas a terracerías y bancos de préstamo, con el objeto de evitar la presencia de materia vegetal en la obra, impedir daños a la misma y permitir buena visibilidad. Comprende la ejecución de cualesquiera de las operaciones siguientes:

- Tala.- consiste en cortar los árboles y arbustos.
- Rosa.- Consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuo de las siembras.
- Desenraice.- consiste en sacar los troncos o tacones con raíces.

-Limpia y quema.- consiste en retirar el produc  
to del desmonte, estibarlo y quemar lo no  
utilizable.

Estos trabajos deberán ejecutarse de manera  
que toda la materia vegetal proveniente del desmonte,  
quede fuera de las zonas destinadas a la construcción.

Las operaciones de desmonte se podrán hacer a  
mano o con la ayuda de maquinaria.

#### Cortes.

Son excavaciones a cielo abierto ejecutadas  
en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de  
taludes, en rebajes en la corona de cortes y/o terra-  
plenes existentes, en derrumbes, en escalones y en des-  
plante de terraplenes con el objeto de formar y prepa-  
rar la sección de la obra.

En la construcción de aeropuertos puede presen-  
tarse el caso de tener que realizar cortes en algún ce-  
rro cercano que por motivos de orientación de la pista  
represente un obtáculo en los espacios aéreos.

Los materiales de cortes que de acuerdo con la  
dificultad que presentan para su extracción y carga, se  
clasifican según la SAHOP en tres tipos:

Material A.- es blando o suelto como los suelos agrícolas, limos y arenas.

Material B.- es aquel que puede ser excavado por tractor de orugas y sin el uso de explosivos como las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.

Material C.- solo puede ser excavado mediante el uso de explosivos como las rocas basálticas, las areniscas, calizas, riolitas, granitos y andesitas sanas.

#### Despalme.

Es la remoción del manto vegetal en las áreas destinadas a terracerías y bancos, con el objeto de impedir daños a la obra.

En sitios donde no esté bien definido el manto de tierra vegetal, o cuando la tierra constituya un tercio o más del escombros y que la tierra vegetal se mezcle bien con él, puede no ser necesario despaldar la tierra vegetal. El despaldar se ejecutará solamente en material "A".

### Terraplenes.

Son estructuras ejecutadas con material adecuado producto de cortes o de préstamos. Se consideran también como tales, la ampliación de corona, el tendido de taludes y la elevación de la subrasante.

Antes de iniciar la construcción de los terraplenes, se rellenarán los huecos motivados por el desentraice, se escarificará y se compactará el terreno natural o el despalmado en el área de desplante y en el espesor ordenado.

La compactación de terraplenes se hará uniformemente en todo lo ancho de la sección, se le dará uniformemente la humedad al material y se eliminará el excedente de agua cuando el material tenga mayor humedad que la óptima.

Deberán ejecutarse previamente a la construcción de los terraplenes, las obras de drenaje si es que existen en el área de desplante.

### Afinamiento.

A los niveles terminados de zonas de construcción, se les dará una afinación en la pista con cierta

tolerancia para que en la construcción del pavimento, no se reflejen en éste los malos acabados que pueden causar daños a la estructura del avión y vibraciones molestas a los pasajeros.



## 2.2 PAVIMENTOS

Es la capa o conjunto de capas comprendidas entre la sub-rasante y la superficie de rodamiento y cuya función principal es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en ellas.

### Tipos de Pavimentos.-

En general existen tres tipos de pavimentos, agrupados según su rigidez son:

- |                         |   |
|-------------------------|---|
| a) Pavimentos flexibles | { <ul style="list-style-type: none"> <li>• concreto sin armar</li> <li>• concreto armado</li> <li>• concreto presforzado</li> </ul> |
| b) Pavimentos rígidos   |   |
| c) Pavimentos mixtos    |   |

- a) Los pavimentos flexibles comúnmente constan de tres capas llamadas:

- 1) Carpeta
- 2) Base
- 3) Sub-base

1).- La carpeta es una mezcla de material bituminoso con agregados. Sus funciones principales son: impermeabilizar a la base contra los efectos desintegrantes del intemperismo, distribuir las cargas a la base y resistir el esfuerzo cortante que se presenta en ella debido a los giros y frenadas de los aeronaves.

2).- La base, que va directamente bajo la car pet a, esta forma por piedra triturada tratada o no, o materiales granulares mezclados con diferentes cementantes como el asfalto o el cemento portland. Sus fun cion es son las de resistir el esfuerzo cortante producido por las cargas concentradas en la superficie y distribuir estas cargas a las capas más profundas.

3).- La Sub-base, que esta comprendida entre la base y la sub-rasante, se forma con material producto de trituración o de alguna excavación en el --- sitio; su función principal consiste en acabar de dis trib uir la carga que se presenta en la superficie de rodamiento al suelo natural o terracerías existentes.

Dependiendo del tipo, calidad y características del suelo sobre el que se construirá un pavimento flexible, se necesitará una, varias o ninguna capa sub-base,

**b) Pavimentos Rígidos.**

Consisten en una serie de losas de concreto hidráulico colocadas sobre una capa de material llamada sub-base. La función básica de las losas de concreto en un pavimento rígido es la de distribuir sobre una gran área los esfuerzos producidos por las cargas concentradas, lográndose esto por la rigidez del concreto.

La función de la sub-base, además de ser estructural es con el fin de controlar el efecto de bombeo, las deformaciones del suelo, etc.

**c) Pavimentos Mixtos.-**

Se presentan en dos casos: cuando se combinan horizontalmente y verticalmente. En el caso de combinación horizontal, las losas de concreto hidráulico se colocan al centro de la pista, calle de rodaje o plataforma y la carpeta de concreto asfáltico va a las orillas.

Cuando la combinación es vertical, se pueden colocar las losas de concreto hidráulico sobre la carpeta o viceversa, por encima de la capa base del pavimento.

La principal diferencia entre los pavimentos rígidos y flexibles consiste en la manera de distribuir las cargas a las capas inferiores.

Los pavimentos flexibles lo logran mediante distribuciones escalonadas a través de las subsecuentes capas que decrecen en calidad con la profundidad.

Los pavimentos rígidos soportan grandes esfuerzos de flexión que trasladan horizontalmente las cargas producidas por las ruedas y las distribuyen en una gran extensión sobre el suelo.

Es indispensable para el correcto diseño del pavimento de un aeropuerto, el conocer los diferentes componentes del peso de un avión en el momento de despegue y el momento de aterrizaje.

### 2.3 OBRAS DE DRENAJE

Una vía de comunicación moderna no sólo exige una adecuada planeación económica y la selección más conveniente de los materiales de construcción a emplear sino también el diseño racional de las estructuras de drenaje que sean capaces de desalojar, en todo momento y en forma eficiente, los volúmenes de escurrimiento aportados por las lluvias en cualquier tramo del ---

aeropuerto en proyecto. En un aeropuerto, el problema consiste en proporcionar las facilidades de drenaje adecuadas para interceptar y desviar, tanto los escurrimientos superficiales aportados por las lluvias, como el agua del subsuelo fuera del aeropuerto; así mismo reducir la humedad en la sub-rasante del pavimento y en la superficie del terreno adyacente para estabilizar y asegurar la firmeza del mismo y de las áreas terminales.

Para eliminar el escurrimiento superficial sobre las pistas, calles de rodaje y zonas adyacentes de un aeropuerto, se utilizan zanjas o canales de intercepción a los lados de las mismas, que transportan los gastos fuera del área del aeropuerto. La eliminación del agua de infiltración o el abatimiento del nivel freático, se logra mediante drenes transversales que desembocan a drenes o zanjas principales, las que a su vez derivan el gasto hacia el punto de desagüe del drenaje.

Es importante que el sistema de drenaje evite encharcamientos excesivos en el área de pistas, calles de rodaje y plataformas, pues ponen en peligro las maniobras de despegue, aterrizaje y tránsito de las aeronaves. Así mismo, debe proporcionar protección contra la erosión y abatir el nivel freático cuando sea necesario.

Comparando con las construcciones de otros tipos, puede decirse que un aeropuerto sin drenaje es tan "inhabitable" como una población sin alcantarillado.

#### 2.4 EQUIPOS ELECTRONICOS

En la actualidad los aeropuertos deben contar con diversos equipos electrónicos que sirven de ayuda a los pilotos para conocer distancia, pendiente de aproximación, alineamiento, etc.

Para éste fin existen diferentes equipos o sistemas que a continuación se analizan a grandes rasgos:

- a) Sistema de Aterrizaje por Instrumentos  
Instrument Landing System (ILS)
- b) Equipo Medidor de Distancia  
Distance Measuring Equipment (DME)
- c) Vhf Omirange (VOR)
- d) VOR/DME
- e) Radio Faro  
Nondirectional Beacon (NDB)
- f) Radar de Vigilancia  
Airport Surveillance Radar (ASR)

a) El ILS fué diseñado para proporcionar una guía electrónica a el piloto, que permita en exacto alineamiento y ángulo de descenso de un avión adecuadamente equipado, en el final de su aproximación para aterrizaje.

Existen tres categorías de ILS que están delimitadas por su mínimo; que es el cual el avión no debe aterrizar bajo esa altura de decisión (techo) o esa visibilidad (RVR Runway Visual Range. Alcance visual de la pista.)

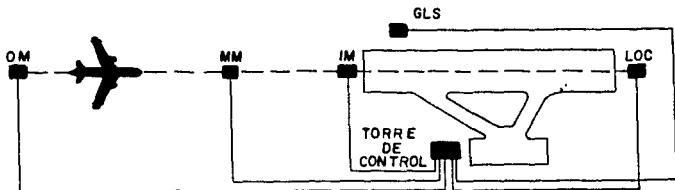
	Alt. de decisión	RVR
<b>Categoría I.-</b>		
Permiten un mínimo de	60m (200')/	800m (2,600')
<b>Categoría II.-</b>		
Permiten un mínimo de	30m (100')/	400m (1,200')
<b>Categoría III</b>		
a) Permiten un mínimo de	0m	200m (700')
b) Permiten un mínimo de	0m	50m (150')
c) Permiten un mínimo de	0m	0m

El ILS esta formado por un localizador, un indicador de pendiente de descenso, un marcador exterior y un marcador medio.

El marcador exterior (outer Marker) se instala a una distancia aproximada de 7 km de la pista; el marcador medio (middle marker) estará localizado a una distancia aproximada de 1 km de la pista y lo único que indican al piloto es la distancia a el umbral de la pista; por lo tanto éstos se pueden anular con la instalación de un DME. Se puede colocar también otro marcador (inner marker) a 75m aproximadamente del umbral, pero es de poco uso.

El localizador define el plano vertical que contiene al eje de la pista, se sitúa axialmente a la pista y a una distancia aproximada de 300m de la cabera opuesta al sentido de aproximación.

El indicador de pendiente de descenso (GLS Glide Slope), define el plano inclinado de planeo; se localiza a una distancia aproximada (según la FAA) de 360m del umbral y 150m del eje de la pista, sin que obstaculice con el aterrizaje del avión.





b) Equipo Medidor de Distancia. (Distance Measuring Equipment) (DME), puede ser instalado en conjunto con el ILS para proporcionar la distancia indirecta del punto de toque de ruedas de la pista. Donde así se usa, el DME se coloca en el sitio del localizador y así substituye al marcador exterior.

c) Radio faro omnidireccional Vhf. (Vhf omnirange) (VOR), es una ayuda electrónica de navegación que proporciona una guía del azimuth magnético. Se localizará según la OACI a 125m (mfn) del eje de la pista en la franja de seguridad y en cualquiera de las cabeceras de aproximación.

d) VOR/DME.- El equipo medidor de distancia es colocado o instalado fácilmente con un VOR en o fuera del aeropuerto donde la información de distancia es operacionalmente requerida en conjunto con el azimuth para mejorar la aproximación a el aeropuerto.

e) Radio Faro no direccional. (Nondirectional Beacon) (NDB), es un equipo que transmite señales en las radiales de aproximación con las cuales un piloto puede orientarse al aeropuerto usando un equipo radiogoniométrico automático ADF (Automatic Direction Finder) con que cuenta el avión

f) El Radar de Vigilancia de un Aeropuerto. ( Airport Surveillance Radar (ASR), es usado para el control del tránsito aéreo dentro de las áreas espaciales normalmente tiene un alcance de 30 millas náuticas aproximadamente del aeropuerto en el cual está localizado.

El radar gira los 360° de azimuth y detecta objetos circundantes sobre la pantalla del radar localizada en la torre de control. Esta información es usada por el personal de la torre de control independientemente o conjuntamente con otras ayudas de navegación para controlar el tránsito terminal.

La torre de la antena del radar, normalmente se coloca a más de 350m del equipo de pantalla del radar y no más de 4,000m de este. Es aconsejable según la FAA que exista una separación mínima de 350m entre la antena del radar y cualquier clase de objetos que puedan interferir o causar reflejos en el radar. La antena del radar no debe estar colocada a menos de 800m del fin de la pista.

## 2.5 AYUDAS VISUALES LUMINOSAS

Aunque los modernos sistemas de señales por radio resuelven de un modo completo tanto la navegación como la aproximación al aeropuerto, es imprescindible en la última parte de ésta y en el momento del aterrizaje un contacto visual con el suelo que con la mayor claridad indique al piloto la situación, altura y posición del avión, cuando en dicho aeropuerto no exista un sistema electrónico de aterrizaje por instrumentos (ILS).

En cada caso la iluminación de un aeropuerto se presenta como un problema particular que depende del tamaño, forma, intensidad de tránsito y horas de utilización; pero en general para su análisis las dividimos en:

- a) Luces de borde de pista
- b) Luces de borde de rodaje y de plataforma
- c) Luces de eje de pista
- d) Luces de eje de calle de rodaje
- e) Luces para salida de alta velocidad
- f) Sistema de iluminación de aproximación
- g) Luces de zona de toma de contacto

h) Sistemas visuales indicadores de pendientes de aproximación

i) Faro giratorio

j) Luces de umbral de pista

k) Luces de extremo de pista

l) Cono de viento

m) REIL

a) Luces de borde de pista.

Estas luces tienen como finalidad indicar los límites laterales, se emplazan a todo lo largo de esta en dos filas paralelas y equidistantes del eje de la pista; estarán espaciadas a intervalos no mayores de 60m en pistas de vuelos por instrumentos, y a intervalos no mayores de 100m en pistas de vuelo visual.

Las luces serán fijas de color blanco y visibles desde todos los ángulos de azimut, podrán ser de color amarillo en los 600m del extremo de la pista - opuesto al sentido de despegue con una potencia de 200watts

b) Luces de borde de rodaje y de plataforma.

Estas luces son para indicar al piloto la ruta desde la pista, a través de las calles de rodaje hasta la plataforma.

Dichas luces son de tipo elevado, similares a las de borde de pista, de color azul y visibles por todos los ángulos de azimut y de 45 watts de potencia

c) Luces de eje de pista.

Deberán instalarse éstas luces en todas las pistas para aproximaciones de precisión de categoría II o III (ILS) y particularmente en categoría I cuando la pista es utilizada por aviones con grandes velocidades de aterrizaje, o cuando la anchura entre líneas de luces de borde de pista sea superior a 50m.

Estas luces van colocadas a lo largo del eje de la pista, desde el umbral hasta el extremo, con un espaciado longitudinal uniforme de 7.5m ó 15 en pistas de categoría III, pudiéndose abrir esta distancia hasta 30m para categoría II.

Las luces de eje de pista serán fijas de color blanco variable desde el umbral hasta el punto situado a 900m del extremo de la pista; luces alternadas de colores rojo y blanco variable desde 900m hasta 300m del extremo de la pista y de color rojo desde 300m hasta el extremo de la pista. Estarán a una altura de 3/8" a 1/2" sobre el pavimento.

d) Luces de eje de calle de rodaje.

Estas luces irán colocadas al centro de la calle de rodaje a todo lo largo de su eje. No será necesario proporcionar dichas luces cuando el volumen de tránsito sea reducido y las luces de borde y señales de eje de calle de rodaje proporcionen guía suficiente.

Las luces de calle de rodaje serán fijas de color verde y los haces sólo serán visibles desde los aviones que estén en la calle de rodaje o sea en la proximidad de la misma. Se espaciarán en tramos rectos de 30 a 60 metros y sobresaldrán  $3/8" \times 1/2"$  del pavimento.

c) Luces para salida de alta velocidad.

Al igual que las luces de eje de rodaje, estas unidades estarán colocadas a lo largo del eje de las calles de rodaje en las salidas de la pista diseñadas para tomarlas a gran velocidad. Estas luces deben empezar en un punto desplazado  $75 \text{ cm} \pm 15 \text{ cm}$  con respecto a las luces de eje de pista, por lo menos 60 metros antes del comienzo de la curva del eje de la calle de rodaje y continuar más allá del final de dicha curva hasta un punto, en el eje de la calle de rodaje en el que se supone que el avión alcance su velocidad normal de rodaje. Sobresaldrán de  $3/8"$  a  $1/2"$  del pavimento.

f) Sistema de iluminación de aproximación.  
(ALPA-ATA Categoría I)

Este consistirá en una fila de luces colocadas en la prolongación del eje de la pista, y se extenderá siempre que sea posible a una distancia de 900 metros del umbral de la pista. Las luces que forman la línea central se espaciarán 30m longitudinales y la más próxima se instalará a 30 m del umbral, excepto cuando el umbral esté desplazado. Además de esta fila de luces central, el sistema tendrá una barra transversal a 300m del umbral y con una longitud igual a el ancho de la pista.

Estas luces serán de color blanco y tipo reflector y deberán suplementarse con una luz de descarga de condensador que emitirá dos destellos por segundo, comenzando por la luz más alejada del sistema y continuando en sucesión hacia el umbral.

g) Luces de zona de toma de contacto.

Estas luces mostrarán al piloto la zona en que deberá iniciar su aterrizaje. Se extenderán desde el umbral hasta una distancia sobre la pista de 900 m, excepto en pistas de longitud menor a 1,800m. La instalación estará dispuesta en forma de pares de barras simétricamente colocados respecto al eje de la pista. La configuración estará formada por un cierto

número de hileras transversales de luces denominadas barretas y cada una de ellas estará compuesta de por lo menos tres luces empotradas en un espaciado entre las mismas no mayor de 1.5 m. Estas barretas estarán colocadas a cada lado del eje de la pista. La distancia longitudinal entre barretas será de 30 metros.

Las luces de zona de toma de contacto serán luces fijas unidireccionales de color blanco y se instalarán en pistas de categoría II y III (ILS). Sobresaldrán como máximo 1" del pavimento

h) Sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación.

Estos sistemas que le indicarán al piloto la pendiente con que debe entrar en la pista, se presentan como sigue:

- VASIS y AVASIS de colores
- VASIS de 3 barras y AVASIS de 3 barras
- T-vasis y AT-vasis

Los más usuales en México son los VASIS y los AVASIS de colores de 3 barras, los cuales consisten en lo siguiente:



VASIS.- (Visual Approach Slope Indicator System), consta de 12 elementos luminosos dispuestos en posiciones anterior y posterior y emplazados simétricamente respecto al eje de la pista en forma de dos pares de barra de ala cada uno de los cuales tiene tres elementos luminosos.

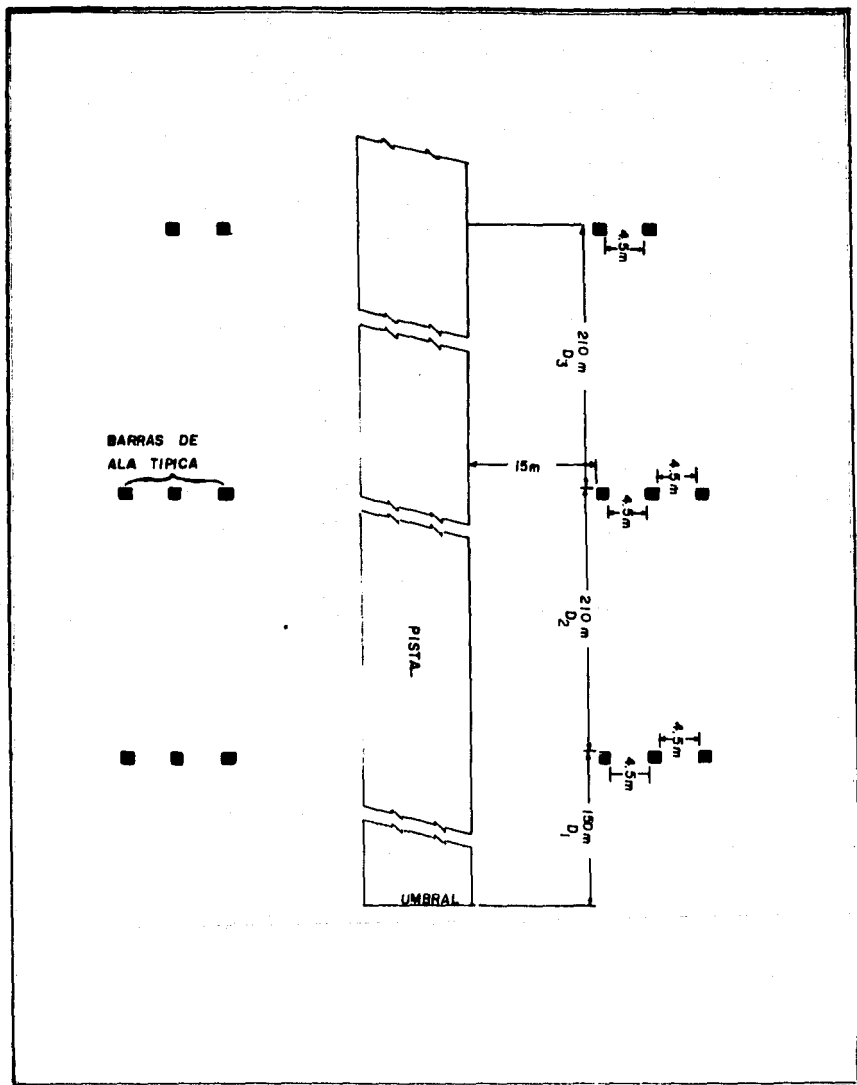
Cada elemento luminoso proyectará un haz de luz cuya parte superior será de color blanco y la parte inferior de color rojo.

Estarán colocados en tal forma que durante la aproximación el piloto tenga las siguientes posibilidades visuales:

- 1.- Cuando vuele por debajo de la pendiente de aproximación, vea de color rojo todas las luces.
- 2.- Cuando vuele en la pendiente de aproximación, vea de color blanco las luces anteriores y de color rojo las luces posteriores.
- 3.- Cuando vuele por encima de la pendiente de aproximación, vea de color blanco todas las luces.

La colocación de las barras de ala longitudinalmente a lo largo de la pista será de 150 m mínimo a partir del umbral para las anteriores y 210 m entre éstas y las posteriores. La distancia entre el borde de la pista y el primer elemento luminoso será de 15 m y separación entre ellos de 4.5 m.

Esta colocación tiene variación si existen obs



VASTIS DE TRES BARRAS

táculos en la aproximación.

T-VASIS - Este sistema consistirá en 20 elementos luminosos dispuestos simétricamente respecto al eje de la pista, en de dos barras de ala de cuatro elementos lumi nosos cada una, cortadas en su punto medio por filas longitudinales de seis luces.

Los elementos luminosos se construirán y dispondrán de tal manera que, durante la aproximación el piloto de un avión:

- 1.- Cuando vuele por encima de la pendiente de aprox., vea de color blanco las luces de barra de ala, y uno, dos, tres ó más elementos luminosos de indicación "descenso"; siendo visibles más elementos que indican "descenso" cuanto más alto se encuentra el piloto con respecto a la pendiente de aproximación.
- 2.- Cuando vuele en la pendiente de aprox., vea de color blanco las luces de barras de ala.
- 3.- Cuando vuele por debajo de la pendiente de aprox., vea de color blanco las luces de barras de ala, y uno, dos, tres ó más elementos luminosos de indica

ción "ascenso", siendo visibles más elementos luminosos "ascenso" cuanto más bajo se encuentre el piloto con respecto a la pendiente de aprox. y cuando se encuentre muy por debajo de ésta, vea de color rojo las luces de barras de ala y los tres elementos luminosos de indicación "ascenso".

I).- Faro Giratorio.-

Es una ayuda visual útil para indicar la posición del aeropuerto. Se instalará arriba de la torre de control de tal manera que en las direcciones importantes no se interponga ningún obtáculo ni deslumbre al piloto durante la aproximación.

Está constituido por un proyector doble, montado sobre un pivote y accionado por motor eléctrico. La frecuencia de giro es de 12 a 30 revoluciones por minuto.

El faro giratorio comunmente cuenta con cuatro reflectores, dos blancos y dos verdes colocados alternadamente con el fin de que al girar, se vea un rayo blanco y otro verde a continuación.

J).- Luces de Umbral de Pista.

Sirven para que el piloto identifique el umbral, cuando el umbral esté en el extremo dela pista,

las luces estarán emplazadas en una fila perpendicular al eje de la pista, tan cerca como sea posible del extremo y no a más de 3m al exterior del mismo.

Las luces de umbral, deberán ser luces fijas omnidireccionales, de color verde, visibles sólo en la dirección de aproximación a la pista.

K).- Luces de Extremo de Pista.

Se emplazarán en una fila perpendicular al eje de la pista, tan cerca como sea posible del extremo y en ningún caso a más de 3 m al exterior del mismo.

Consistirá en seis luces por lo menos, situadas simétricamente al eje de la pista y espaciadas a no más de 6 m del borde hacia el eje de la pista.

Las luces de extremo de pista serán unidireccionales, fijas, de color rojo y visibles en la dirección de la pista.

L).- Cono de Viento.

Es el indicador de la dirección del viento usado en aeropuertos. Esta constituido por un cono de tela resistente a la intemperie, sostenido con la boca abierta en la punta de un mástil de 5 m de altura, pudiendo girar para orientarse en la dirección del viento. En la parte superior del mástil hay una formación tubular de cuatro brazos en ángulo recto con un reflec-

tor y lámpara en cada uno con objeto de iluminar al cono en cualquier posición.

M).-Runway End Identifier Lights (REIL).

La primordial función del REIL es ayudar a que el piloto en la aproximación, identifique rápidamente el inicio de la pista.

El sistema consta de un par de luces de destellos blancos sincronizados, las cuales se colocan a cada lado del umbral de la pista y dirigidos hacia el área de aproximación (15°azimutales y 10 °verticales).

El REIL es usado principalmente para vuelos visuales (VFR) durante la luz del día y en las operaciones nocturnas.

Se instalará en la cabecera opuesta al sistema de luces de aproximación.

Nota.- Todas las ayudas visuales luminosas se operan a control remoto desde la torre de control, por lo tanto todos los sistemas se conectarán a circuitos eléctricos que parten desde la subestación de casa de máquinas localizada en las proximidades de la torre de control.

## 2.6.-CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS.

La cimentación en una pista, calle de rodaje o un camino de un aeropuerto es la subrasante y el terreno natural.

La sub-rasante se encarga de transmitir al suelo natural las cargas que provienen del pavimento. Se ha encontrado por experimentación que el espesor de esta capa es de 50 cm, pudiéndose construir con suelos propios del lugar o con un material de bancos lo más cercanos posible.

Se debe tener cuidado en las zonas inundables o en las que el nivel freático es muy superficial. Con el fin de proteger la capa sub-rasante se colocarán drenes transversales o longitudinales que impidan el ascenso capilar del agua, ya que con la presencia de ésta, disminuye el valor relativo de soporte (VRS) y en consecuencia se tendrá que aumentar el espesor del pavimento.

La capa sub-rasante debe compactarse al 100 % (SAHOP), pero en las zonas donde el terreno natural sea de alta compresibilidad, se efectuará en un tramo una prueba con el fin de no apegarse estrictamente a la compactación especificada.

El terreno natural o terreno propio de cimen-

tación se estudia mediante una exploración de campo que consiste en hacer sondeos (pozos a cielo abierto) a una profundidad promedio de 2.50 m , localizados de tal manera de poder elaborar el perfil estatigráfico de los elementos de apoyo terrestre de un aeropuerto. De los sondeos se obtienen muestras representativas de cada uno de los estratos, para hacerles las pruebas de calidad y resistencia que servirán para el diseño de la subrasante y de los pavimentos.

También es importante determinar con exactitud la posición del nivel freático así como sus fluctuaciones durante el año.

En lo que respecta a cimentaciones de edificios, primeramente se realiza una exploración de campo ubicando en las áreas de edificación sondeos profundos que pueden ser del tipo de: "penetración estandar", "muestras inalterados" con tubo Shelvyn, "sondeos de rotación" con brocas tricónicas o de diamante, etc.. De estos sondeos obtenemos en forma cualitativa las condiciones de resistencia al esfuerzo cortante, su estatigrafía, la posición del nivel freático y en el laboratorio, las pruebas de calidad y resistencia que serán los parámetros para el diseño de las cimentaciones.

Entre las pruebas más importantes de laboratorio se encuentran las siguientes:



- Contenido natural de agua.
- Límites de consistencia.
- Granulometrías.
- Resistencia al esfuerzo cortante no confinada.
- Compresión triaxial.
- Consolidación.

Con éstas pruebas determinamos la capacidad de carga y los asentamientos que las diferentes alternativas de cimentación produzcan.

Las cimentaciones adecuadas para cada una de las diversas estructuras estarán sujetas al tipo de suelo, a las sobrecargas, zona sísmica y a los medios de construcción.

Los tipos de cimentación que normalmente se emplean para las estructuras de poco peso como el edificio del CREI, Anexo a Torre de Control, Hangares, Zona de combustibles, etc., normalmente son zapatas aisladas o corridas.

En las estructuras más pesadas como son la Torre de Control, Edificio Terminal, las cimentaciones podrán ser zapatas aisladas o corridas, cajón de cimentación, pilotes de fricción o de punta y combinaciones de ellas.

Es conveniente tomar en consideración la in-

teracción de superestructura, cimiento y subsuelo, tanto en el aspecto de cargas estáticas como al debido a cargas dinámicas como son el viento, sismo y vibraciones generadas por las aeronaves y maquinaria que transitan en sus proximidades.

## 2.7.- ILUMINACION INTERIOR Y EXTERIOR DE EDIFICIOS.

Para el proyecto de iluminación interior se necesitan los siguientes datos:

- Planta a escala de los locales a iluminar.
- Altura de los locales.
- Color del techo, paredes y cortinas.
- Disposición de la máquinas, mesas de trabajo, etc.
- Descripción exacta de la función del local.
- Lugar y tipo de fijación de las luces.
- Tipo de lámparas (fluorescentes, incandescentes, etc.).
- Otros.

Es común que en aeropuertos se haga la iluminación en edificios a base de módulos embutidos en el plafón con sistemas de lámparas fluorescentes que proporcionan una mayor intensidad lumínica y uniforme radiación.

Se debe tomar en consideración que el área correspondiente por iluminar sea totalmente alumbrada sin dejar espacios oscuros.

Por lo que respecta a instalaciones, se tendrá que llevar un sistema de contactos eléctricos con circuitos completamente independientes al alumbrado,

para la conexión de equipos de oficinas tales como máquinas de escribir, copiadoras, calculadoras, etc.. Además la instalación de alumbrado eléctrico será del tipo oculto con tuberías rígidas y conductores del calibre y tipo apropiado a la carga del circuito.

La iluminación exterior en banquetas y zonas de circulación en estacionamientos de vehículos se hará por medio de arbotantes de uno ó más brazos con sistemas que pueden ser de gas de mercurio, de sodio, etc.

En las plataformas de operaciones, de pernocta y de aviación general, la iluminación se hace con reflectores de cuarzo, mercurio o incandescente, con determinada inclinación para evitar el deslumbramiento de los pilotos de los aviones.

La alimentación eléctrica será subterránea por medio de ductos y registros.

## 2.8.- AIRE ACONDICIONADO.

El aire acondicionado va adquiriendo cada día más importancia aplicado a locales, edificios, industrias y en general a viviendas.

Los sistemas de aire acondicionado además de proporcionar confort para el mejor desarrollo de las actividades, son de utilidad en la protección, buen funcionamiento y mayor duración de equipo y además enseres que requieren de un conjunto de condiciones óptimas de temperatura, humedad y pureza del aire que sirven para el control de exactitud, corrosión, abrasión de superficies, eliminación de electricidad estática, etc.

Para la selección de equipo del aire acondicionado de cualquier local, habrá que tomar en cuenta varios factores que a continuación presentamos:

- Número máximo de personas que en determinado momento ocuparán las áreas consideradas.
- Aparatos de iluminación.
- Todo tipo de aparato que genere calor (cafeteras, licuadoras, etc.).
- Temperatura del lugar.
- Localización geográfica del lugar (altitud y latitud).
- Claridad de la atmósfera.

- Orientación del edificio o local.
- Dispositivo para sombrear.
- Materiales de construcción y acabados en general.
- Ventanas y tipos de vidrios.
- Tipo de techumbre.
- Volumen de aire.

La temperatura adecuada para proporcionar comodidad a las personas es de 23°C y una humedad relativa del 50 %.

Además del confort, las instalaciones de aire acondicionado deberán eliminar los vapores olorosos y el humo de tabaco, así como las cantidades de vapor de agua y calor desprendidas por las personas.

Los equipos que normalmente se instalan son los de expansión directa, llamados así porque utilizan algún gas como refrigerante aunque en algunas ocasiones conviene más los equipos enfriadores de líquido con condensador enfriado por aire, cuando las capacidades son muy grandes.

Se recomienda usar varios equipos con el fin de que en la falla de alguno de ellos no falte en todas las áreas el suministro de aire, así como para apagarlo en las áreas que momentáneamente no se utilizan.

El alojamiento de los equipos del aire acondi-

cionado para el edificio terminal será en locales cerrados o a la intemperie, en la planta baja aunque en algunas ocasiones las condensadoras se colocan en las azoteas por lo cual desde el punto de vista estético se debe buscar la forma de que tanto los ductos como los equipos no sean visibles.

La distribución del aire acondicionado se hace por una red de ductos, difusores de inyección y rejillas de retorno de aire.

Los preparativos que se requieren para la instalación del sistema son:

- Bases para equipos.
- Orificios en losas y muros para el paso de ductos y tuberías.
- Preparaciones para colocación del plafón.
- Preparaciones eléctricas.
- Preparaciones hidráulicas.

## 2.9.- INSTALACIONES ESPECIALES.

Los aeropuertos cuentan con instalaciones especiales que se acondicionan conforme a las necesidades propias del mismo.

Generalmente, las más usadas son:

- a).-Teletipos.- se utilizan para información directa de las oficinas generales siguientes:
- Comandancia y autoridades aeronáuticas.
  - Comandancia de autoridades aduanales.
  - Oficinas de control de tránsito aéreo.
- b).-Pantallas de información.- son pantallas de televisión de circuito cerrados que proporcionan información al público en general, de llegada y salida de vuelos.
- c).-Instalaciones generales de teléfonos.- utilizados para la comunicación interior y exterior, los hay:
- Directos, red privada, conmutador y servicio público.
- d).-Computadores y pantallas de teleproceso.- las utilizan las compañías de aviación, para reservaciones



e información sobre vuelos.

e).-Puertas automáticas.- localizadas en las salidas y y entradas del edificio terminal, proporcionan comodidad al público al abrirse automáticamente y controlan la contaminación y fugas de aire acondicionado.

f).-Bandas de entrega de equipaje, antenas de microondas, banquetas móviles, otros.

## 2.10.- ESTACIONAMIENTOS.

El aprovisionamiento de estacionamientos para vehículos es de primordial importancia en el diseño de un aeropuerto.

El estacionamiento principal de automóviles, debe situarse en las proximidades del edificio terminal con el objeto de no molestar al viajero haciéndole recorrer a pie grandes distancias. Comúnmente se ubican en zonas en cuyos alrededores se encuentran las construcciones, debiendo estar éstas zonas convenientemente pavimentadas, iluminadas y marcadas.

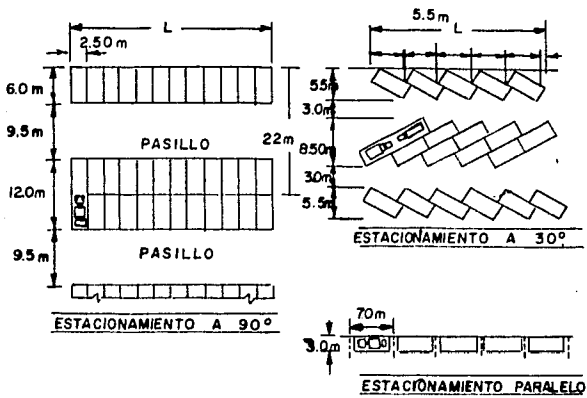
Por otra parte, al personal permanente se les debe facilitar estacionamientos próximos a sus lugares de trabajo.

El número de estacionamientos se diseñará para el servicio del público (pasajeros y espectadores) en la hora pico que tenga el aeropuerto, deduciéndolo las cifras futuras de la previsión del tránsito realizado.

Existen varias formas de estacionarse como son:

- En ángulo de 90°.
- En ángulo de 30°.
- Estacionamiento paralelo.

Dependiendo de la forma de estacionarse, se dejarán espacios para maniobras y circulación del mismo.



ESTACIONAMIENTO DE PASAJEROS.

## 2.11.- CAMINOS DE SERVICIO INTERIOR.

Comúnmente el interior de un aeropuerto cuenta con un sistema de caminos que por los servicios que brindan, varían en sus especificaciones de construcción. Por lo tanto, existen los siguientes:

- Camino Perimetral. Se localiza paralelo a los linderos del aeropuerto, es un camino que sirve para la construcción del cercado perimetral y después para la vigilancia y mantenimiento del mismo.
  
- Camino de acceso a ayudas visuales y electrónicas. Se une con el camino perimetral, es también usado para el mantenimiento y vigilancia del equipo. Generalmente éstos dos caminos son de corona angosta, revestidos si el terreno es malo y dependiendo de la importancia del aeropuerto se les dará un riego de impregnación y se construirán alcantarillas en lugar de vados donde sea necesario.
  
- Caminos de servicio interno. Son para diferentes servicios, los principales de ellos son de comunicación entre el edificio terminal, las compañías aéreas, la Torre de Control, el CREI y para el acarreo de toda clase de

suministros. Todos éstos caminos tienen el mismo diseño de pavimento.

-Calle interior en Zona de Combustibles. Es de pavimento rígido en el área de garzas debido a que el derramamiento de combustibles destruye el pavimento flexible.

## 2.12.- CERCADOS.

En los aeropuertos existen varios tipos de cer  
cados con la finalidad de evitar el paso de personas, ani  
males, vehículos, etc.

El cercado de lindero, llamado así porque se en-  
cuentra a todo lo largo de los linderos del aeropuerto, sir  
ve para impedir el paso de animales domésticos al interior.

En las intersecciones con caminos se harán cons-  
trucciones del tipo "guardaganado".

Otro cercado es el de malla o celosía que es ne-  
cesario para delimitar zonas o concesiones y que requieren  
de un permiso de las autoridades o concesionarios para po-  
der entrar pues resultan ser áreas de maniobras que son peli-  
grosas para el peatón y vehículos.

Existirán puertas en lugares de acceso a perso-  
nas y automóviles autorizados para su circulación.

La selección de los diferentes tipos de cerca-  
dos dependerá de la zona de ubicación del aeropuerto.

Por otro lado existen también otro tipo de  
cerca llamado "natural" que es una área boscosa alrede-  
dor de aeropuerto y su finalidad es combatir la conta-  
minación ambiental (ruido y humo).

## 2.13.- ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE COMBUSTIBLES.

Como se menciona en el primer capítulo, la Zona de combustibles comprende varios sistemas. El primero es el suministro a la zona de almacenamiento del aeropuerto, la cuál puede ser por medio de:

- Auto-tanques (pipas).
- Carro-tanques (ferrocarril).
- Barco-tanque.
- Oleoducto.

### SUMINISTRO DE COMBUSTIBLES A PLATAFORMAS.

El sistema de suministro de combustibles a las aeronaves se puede hacer por medio de:

-Autotanques. Son vehículos llamados pipas de propulsión propia, que tienen montado un tanque, el cuál es cargado de combustible en la planta y se traslada a la plataforma de operaciones para alimentar a el avión. Estos autotanques deberán contar con un equipo de bombeo, de filtración, de medición y de control de presión de flujo.

En aeropuertos donde el movimiento de aeronaves es muy intenso, es necesario gran cantidad de éstos vehículos y en muchas ocasiones es necesario dos autotanques para surtir un avión.

Hidrantes.- Por este medio el combustible es enviado a pre-

sión a través de una tubería fija que llega hasta una válvula (hidrante) localizada en posiciones fijas destinadas a los aviones en plataformas.

Este sistema puede ser el más económico cuando la zona de almacenamiento esta bastante retirada de la plataforma .

Combinaciones de ambos.- Se puede presentar en un aeropuerto el caso de que la zona de combustibles esté muy retirada de las plataformas de operaciones, para lo cuál resultaría conveniente hacer una combinación de los dos medios de suministro ya sea, construyendo tanques intermedios de poco almacenamiento que se alimenten continuamente por una pequeña tubería y se distribuya por medio de pipas; o de otra manera, que se transporte el combustible por pipas desde la zona de combustibles al tanque intermedio y de ahí a las plataformas se suministre por medio de tuberías e hidrantes.

Estaciones tipo Gasolinera.- Este sistema consiste en una "isleta" localizada entre las plataformas (de operaciones y avionetas), una estación del tipo gasolineras y un almacenamiento en tanques que pueden ser subterráneos o elevados. Estas estaciones dan servicio exclusivamente a aeronaves pequeñas.



Cada uno de los casos señalados anteriormente deberán ser estudiados individualmente, para determinar en cuanto a su operación y costo, cuál resulta ser el más adecuado para las necesidades presentes y futuras.

**-Localización de la Zona de Almacenamiento.**

Los principales factores que intervienen en la localización de una zona de almacenamiento de combustibles son los siguientes:

- a).- Especificaciones para la operación de aeronaves en un aeropuerto, pues no deben ser obstáculo para el movimiento de las mismas.
- b).- Deben permitir ampliaciones futuras por el aumento de consumo de combustibles.
- c).- Debe estudiarse la localización en cuanto a la forma de suministro de combustible a la zona, ya que puede ser más económico que esté localizada cerca de un camino, una vía de ferrocarril, un muelle o un oleoducto.
- d).- Hay que tomar en cuenta la topografía del terreno, pues una zona ubicada en un terreno más alto con respecto a las plataformas, nos ahorra energía en los motores de las bombas, así como también problemas con el drenaje pluvial.

- e).- Ubicar la zona lo más cercana a la plataforma de operaciones.
- f).- La zona de almacenamiento no deberá situarse cerca de un foco posible de incendio
- g).- Tratar de no interferir con los drenajes del aeropuerto.

#### -Tipos de Tanques Para Almacenamiento.

Estos pueden ser cilíndricos verticales (de techo cónico o flotante), cilíndrico horizontal, etc., además los tanques pueden estar instalados en forma subterránea o sobre el piso.

En el caso de tanque subterráneo se presentan varias ventajas.como: riesgo mínimo de incendio y explosión, no necesitan bomba para descarga, no requieren diques para el caso de derrames, no requieren pasillos, escaleras, tienen menos pérdidas por evaporación, menos riesgos de descargas eléctricas atmosféricas.

Sus desventajas son: capacidad pequeña, mayor costo en la excavación, problemas de corrosión debido a aguas freáticas, es necesario instalar bombas especiales de drenado, difícil identificación de fugas si las hay, etc.

- Necesidades de Protección de la Zona para Almacenamiento.

- a).- Para atacar incendios, éstas instalaciones contarán con un tanque para almacenamiento de agua, una red de tuberías e hidrantes, así como también un equipo a base de espumas que se inyectará a los tanques y diques por medio de tuberías para contrarestar un posible incendio.
- b).- Equipos para prevenir descargas eléctricas sobre la zona.
- c).- Cercado perimetral.

-Necesidades de manejo y mantenimiento de la Zona para Almacenamiento.

- a).- Equipos para el manejo de combustibles.-filtración, bombeo, medición, distribución, protección y control.
- b).- Subestación eléctrica.
- c).- Edificios para oficinas, control de bombeo, laboratorios, sanitarios.
- d).- Zona de carga y descarga de combustible para autotanques.

## 2.14.- ACCESOS E INTERSECCIONES.

Los accesos son obras que se hacen dentro del derecho de vía de un camino, que permite en forma provisional o permanente la entrada y salida al camino, desde un servicio o establecimiento de cualquier índole.

Los servicios que se pueden considerar son: paraderos de autobuses, estacionamientos y similares.

Es necesario construir accesos a los servicios por lo que las entradas a ellos producen conflictos en el tránsito de la carretera, cuya importancia aumenta con la del servicio.

Las condiciones que determinan el diseño de un acceso son:

- Volúmenes y velocidades del tránsito.
- Ubicación (zona urbana, suburbana o rural).
- Demanda del tránsito y su pronóstico tanto en la carretera como en el propio acceso.

Recomendaciones para el proyecto de los accesos (SAHOP):

- Las entradas y las salidas deben ser claramente señaladas.
- Debe cumplirse en las entradas y salidas con los requisitos de visibilidad tanto para los conducto-

res de vehículos que los utilizan, como para los conductores de los otros vehículos que circulan por la carretera sin hacer uso del acceso.

- Es conveniente que las entradas y salidas cuenten con la eliminación necesaria.

#### INTERSECCIONES.

Una intersección es el área donde dos o más vías terrestres se unen o cruzan.

Las intersecciones son de dos tipos: Los entronques y los pasos.

Un Entronque es la zona donde dos o más vías terrestres se cruzan o unen, permitiendo la mezcla de las corrientes de tránsito.

Un Paso es la zona donde dos vías terrestres se cruzan sin que deban unirse las corrientes de tránsito. Tanto los entronques como los pasos pueden contar con estructuras a diferente nivel.

Entronques a nivel.- Un entronque a nivel implica la realización de un proyecto que permita al conductor de los vehículos efectuar oportunamente las maniobras necesarias para la incorporación o cruce de las dos corrientes de tránsito.

Los tipos generales de entronques a nivel adoptan las formas de: tres ramas, cuatro ramas, ramas múltiples y tipo glorieta.

**Entronques a Desnivel.**- Un entronque a desnivel es una solución útil y adaptable en muchos problemas de intersecciones pero debido a su alto costo inicial, su empleo se limita a aquellos casos en que pueda justificarse su costo.

Los tipos de entronque a desnivel están determinados principalmente por su número de ramas de la intersección, por los volúmenes probables del tránsito directo y del que de vuelta, por la topografía y por las estructuras existentes.

Los entronques generales se designan de acuerdo con la forma que adoptan más que por el número de ramas.

**Pasos.**- En todo camino existe la necesidad de permitir el cruzamiento de personas, animales y los diferentes medios de transporte. Dentro del tipo de pasos que se suelen considerar para éstos fines, están los pasos para peatones, ganado, maquinaria agrícola, vehículos y ferrocarriles, los cuales pueden ser a nivel o a desnivel.

## 2.15.- SERVICIOS A ZONAS INDUSTRIALES.

Las áreas destinadas a zonas industriales, requieren de ciertos servicios que pueden ser generales o particulares.

Se les llama servicios generales porque son los más usados e indispensables para la mayoría de industrias y se pueden considerar los siguientes:

- Agua.
- Energía Eléctrica.
- Drenaje pluvial y sanitario.
- Vialidad Interna.

Los servicios particulares, llamados así por ser necesidades propias de cada industria en particular y podemos citar los siguientes:

- Teléfonos.
- Vigilancia.
- Gasolineras y engrases.
- Vapor.
- Aire a presión.
- Otros.

## 2.16.- SUBESTACIONES ELECTRICAS.

Generalmente la energía eléctrica la distribuye la Comisión Federal de Electricidad (CFE) o la Compañía de Luz. Esta distribución se realiza a través de subestaciones eléctricas localizadas en el área del aeropuerto, las que se encargan de recibir la corriente en alta tensión y reducirla a una adecuada para los diferentes usos que se le pretenda dar.

Las subestaciones usadas en los aeropuertos son de tipo compactas de servicio interior, llamadas así porque se encuentran en gabinetes y locales cerrados denominados casa de máquinas.

Están compuestas por una sección de acometida, una sección que contiene un interruptor desconectador sin carga, una sección conteniendo un interruptor de alta tensión para operar bajo carga, una sección de acoplamiento de barras para conectarse al transformador el cual a su vez se acopla con gargantas a las secciones de alta y baja tensión.

Los aeropuertos deben contar con varias subestaciones las que distribuyen la energía a los siguientes servicios o sistemas:

a).- Radioayudas. Alimentará al RADAR, VOR, ILS, Trasmis-



sores, receptores, etc.

- b).- Ayudas visuales luminosas. Alimentará a luces de pistas, de plataforma, VASIS, REIL, conos de viento, luces de aproximación, luces de eje de pista y rodaje, luces de borde de pista y rodaje, etc.
- c).- Servicios generales. Alimentará al alumbrado interior y exterior de edificios, escaleras mecánicas, bandas transportadoras de equipaje, alumbrado de estacionamiento, equipo hidroneumático, etc.
- d).- Aire acondicionado. Alimentará motores eléctricos, bombas de agua y equipos relacionados con el funcionamiento del mismo.
- e).- Torre de Control. Suministrará energía para todos los tableros de control de equipos y aparatos.

Estas subestaciones deberán ubicarse cerca de los centros de carga para evitar al máximo las caídas de tensión y pérdidas por el efecto de Joule. Por tal motivo las subestaciones de ayudas visuales y radioayudas se localizarán en un cuarto de máquinas anexo a la Torre de Control; y las subestaciones de servicios generales y de aire acondicionado estarán de ser posible, dentro del edificio terminal.

Las acometidas a las subestaciones serán a través de ductos subterráneos.

Deberán existir también plantas de emergencia para el funcionamiento ininterrumpido de algunos servicios y equipos de radioayudas y ayudas visuales luminosas en el caso de falla en el suministro de energía eléctrica.

Las plantas de mayor importancia con que deberá de contar un aeropuerto serán para los servicios de:

- a).- Radioayudas.
- b).- Ayudas Visuales Luminosas.
- c).- Servicios Generales (en parte).
- d).- Torre de Control. etc.

## 2.17.- TORRE DE CONTROL.

La Torre de Control es el punto focal del control seguro de las operaciones aéreas de los aviones proyectado dentro del área de maniobras de un aeropuerto.

La forma , generalmente es poligonal (en México la más usada es la pentagonal) con la finalidad de tener una visión perfecta en sus 180° de una pista. En su parte donde se sitúan los elementos de control estará perimetralmente protegida de la intemperie por cristales inclinados convenientemente para evitar reflejos, y de ser posible que estén polarizados.

Su altura sobre el suelo podrá ser de 1.5 m por cada 100 m de distancia al extremo más alejado de la pista (Pedraza).

Su localización presenta complejos problemas, que para su eficiente funcionamiento requiere de:

- Máxima visibilidad hacia el tránsito aéreo.
- Vista sin obstáculos para las maniobras de aproximación, aterrizajes, despegue y tránsito en calles de rodaje.
- Adecuada visibilidad y buena percepción por parte del personal de la torre hacia el área perimetral del aeropuerto para percatarse del movimiento te-

restricción de vehículos.

- De ser posible evitar que la acometida de las líneas alimentadoras eléctricas cruce el Edificio terminal.
- Acceso fácil a personal requerido de operaciones.
- Etc.

Para el control del tránsito aéreo (comercial y privado), aterrizajes y despegues, la Torre deberá contar con:

- Anemómetros.
- Pistola de señales.
- Visibilidad de los 360°.
- Consola de controles eléctricos para las ayudas visuales luminosas.
- Consola de controles eléctricos y supervisión de funcionamiento de radioayudas ( VOR, RADAR, ILS, etc.)
- Conexiones y ductos eléctricos.
- Sala de descanso.
- Aire acondicionado.
- Elevador si es de más de tres niveles.
- Sanitarios.

## 2.18.- SERVICIO DE RESCATE Y EXTINCION DE INCENDIOS.

El propósito fundamental del Cuerpo de Rescate y Extinción de Incendios (CREI) es salvar vidas humanas que se encuentran en peligro por accidentes de aviación que ocurran dentro o en las cercanías de un aeropuerto, para tal motivo es necesario una serie de servicios que varían en función de la localización del aeropuerto; pues si este se encuentra a la orilla del mar o de un lago, se requerirán servicios de lanchas, salvavidas, hombres rana, etc. Si el aeropuerto se encuentra entre un bosque, se necesitará equipo contra in incendios forestales, helicópteros, tractores, etc. Aparte de los servicios de medicina, ambulancias, hospitales, transportes y otros.

En el caso de incendios, se necesita tener el agente extintor adecuado para cualesquiera de los cuatro siguientes tipos de fuego:

Tipo A.- Materiales orgánicos.- papel, tela, maderas, donde es suficiente apagar con agua o por medio de un producto químico seco de uso general.

Tipo B.- Líquidos inflamables.- gasolinas, aceites, gra sas, donde se requiere una acción sofocante (anhídrido carbónico, productos químicos secos

de uso general, espuma).

Tipo C.- Equipos electrónicos con corriente.-motores, interruptores, aparatos electrónicos que requieren un agente extintor no conductor.

Tipo D.- Incendios en metales combustibles, como el magnesio, el sodio y el potasio. El agente extintor es un polvo grueso que sella la superficie ardiente y sofoca el fuego.

## 2.19.- ABASTECIMIENTO DE AGUA.

Para el tipo de aeropuerto usual en nuestro medio, las necesidades de agua son relativamente bajas (del rango aproximado de 10 a 20 Lts/seg); sin embargo no se puede decir lo mismo de la calidad obtenida de la fuente, cuyos análisis físico-químicos y bacteriológicos con frecuencia están fuera de los límites para calidad del agua, aceptadas por la SSA.

### ALTERNATIVAS DE CAPTACION.

De las muchas alternativas de abastecimiento que existen en aeropuertos, normalmente las más utilizadas son tres:

- a).- Conexión a una red urbana existente.
- b).- Captación en fuentes superficiales o someras.
- c).- Captación en pozo profundo.

Las dos últimas requieren de estudios preliminares, para conocer ubicación, producción mínima, calidad, etc. ; para lo cual es necesario efectuar estudios hidrológicos en la región, estudios de exploración geofísica, aforos y análisis de muestras en laboratorio.

Del análisis de alternativas se selecciona la más adecuada, tanto por economía como por facilidad de

captación.

En un gran porcentaje, nuestros sistemas de aprovisionamiento de agua, son de tipo pozo profundo, pues las características topográficas tan particulares que exige un aeropuerto hace poco probable la existencia de embalses o corrientes superficiales adecuadas a las necesidades.

RED URBANA.- En lo que respecta a la alternativa de conexión a red urbana existente, se puede decir que sería de poca posibilidad, pues en la mayoría de los casos los aeropuertos se encuentran localizados a cierta distancia de las ciudades que cuentan con éste servicio, resultando así más conveniente la alternativa de pozo profundo o fuentes superficiales.

#### SELECCION DEL EQUIPO DE BOMBEO.

Conocida la fuente de abastecimiento, ubicación topográfica, capacidad y calidad de la misma, el siguiente punto a resolver es la conducción a un sistema de almacenamiento, constituido generalmente por una cisterna enterrada, que sirve de regularización de las demandas solicitadas por los servicios.

La manera más práctica y conveniente de efectuar dicha conducción, es mediante bombeo por tuberías a presión, para lo cual es necesario determinar los pa-



rámetros de gasto y carga total, y poder calcular el equipo de bombeo más adecuado que se requiere.

Para la obtención del gasto de diseño, se tomarán en cuenta las necesidades del aeropuerto, para mantener en servicio continuo que demandan los diferentes núcleos por abastecer; así como también, la existencia de la cisterna principal, que sirve de regularizador de dichas demandas.

Estos núcleos, básicamente son los siguientes:

- A).- Edificios, que comprende: Edificio Terminal, Torre de Control, Casa de Máquinas, Compañías Aéreas, etc.
- B).- Zona de Hangares.
- C).- Riego y jardines.
- D).- Núcleos contra incendios.
- E).- Otros núcleos, comprendería a aquellos para instalaciones especiales, tales como: frigoríficos, sanidad animal, cocina del aire, etc.

Hay que pensar en la mayor independencia posible de cada uno de los núcleos, con respecto a los demás; es decir, que las fallas en uno no repercutan también en otros, como en el caso de efectuar reparaciones o la labor de mantenimiento en uno, no implique suspender mien tras tanto el servicio en los otros. Esto se puede lograr aplicando un valvuleo adecuado, en la red alimenta-

dora.

#### ALMACENAMIENTO.

Al hablar de almacenamientos, las alternativas prácticamente se reducen al uso de tanque o cisterna enterrada, porque se puede hacer de capacidad mayor y nos representa menos problemas de estabilidad que un tanque elevado, además de evitar una zona de obstáculo.

La cisterna enterrada normalmente es un depósito rectangular de concreto armado; por su tamaño es construida en el lugar e impermeabilizada interiormente con recubrimientos plásticos.

Puede ser de un sólo compartimiento en cuyo caso se le llama simple; o varias interconectadas entre sí en cuyo caso se le llamará cisterna múltiple.

Es recomendable el uso de la cisterna múltiple con compartimientos para: servicios generales, contra incendios en zona de combustibles y contra incendios para el uso del CREI.

#### DISTRIBUCION.

La distribución del agua se efectúa con equipos hidroneumáticos para servicios generales (Torre de control, Cías. aéreas, casa de máquinas, Edificio terminal, riego, hangares) y con equipo de bombeo para el CREI y zona de combustibles.

## 2.20.- DRENAJE PLUVIAL, SANITARIO E INDUSTRIAL.

En un aeropuerto se presentan tres tipos de drenaje que son:

- A).- Drenaje pluvial.
- B).- Drenaje Sanitario.
- C).- Drenaje Industrial

A).- El drenaje pluvial se forma por estructuras que sean capaces de desalojar en todo momento y en forma eficiente los volúmenes de escurrimientos aportados por las lluvias en cualquier tramo del aeropuerto.

Para desalojar los escurrimientos, se utilizan canales, zanjas, alcantarillados, que trabajan por gravedad con secciones de conducción parcialmente llenas, las que desembocan a canales principales o colectores que derivan el gasto hacia el punto de desagüe del drenaje.

B).- Drenaje Sanitario.- Son estructuras capaces de desalojar las aportaciones de aguas negras que provienen de los diferentes núcleos donde se originan. Su eliminación será adecuada de modo que ocasione el mínimo de inconvenientes en el área terminal del aeropuerto. Para este manejo, se utilizan preferentemente

tuberías trabajando por gravedad.

C).- Drenaje Industrial.- Son estructuras capaces de desalojar las aportaciones de desperdicios de combustibles, grasas, aceites, etc. mezclados con aguas que provienen de cocinas, industrias y concesiones que manejan dichos productos dentro del aeropuerto.

En virtud del Reglamento Para la Prevención y Control de la Contaminación de Aguas, vigente en nuestro país, estamos obligados a mantener las descargas de aguas residuales, por debajo de los valores máximos de cinco parámetros básicos de control, denominados: sólidos sedimentarios, grasas y aceites, material flotante, temperatura y potencial de hidrógeno (PH).

Esto nos lleva a la necesidad de diseñar un sistema de drenaje por separado, donde las descargas pluviales y sanitarias no se mezclen entre sí con las industriales, a las que hay que darles un tratamiento previo a las descargas con los drenajes generales.

Las estructuras de conducción podrán ser canales a cielo abierto no rebestidos y/o alcantarillados con trampas de grasas, incineradores, etc., que trabajen por gravedad.

En todo problema de drenaje hay que mantener controlados el tirante hidráulico y la velocidad del

flujo con el fin de que trabaje la tubería como canal y no haya en el fondo azolvamientos ni desgastes por erosión excesiva.

Existe otro tipo de drenaje llamado subterráneo que como su nombre lo indica, se encarga de drenar las aguas freáticas del subsuelo y es constituido por estructuras hechas generalmente a base de gravas con determinada curva granulométrica, las que descargan al desague general y así no dejar que las terracerías o pavimentos sean afectados por la presencia de las citadas aguas.

#### ESTRUCTURAS ESPECIALES.

En todo diseño de alcantarillado debemos tomar en cuenta la posibilidad de taponaduras en la red y que por lo tanto se necesita una continua labor de mantenimiento, por lo cuál se utilizan cierto tipo de estructuras que son denominadas según su forma y profundidad como: registros, pozos de visita, pozos de caída y lumbreras; los lugares más adecuados para su colocación son los cambios de dirección, de pendiente, de diámetro o de sección; en los cruceros, en bifurcaciones y cambios bruscos de profundidad de plantilla, así como intermedios en tramos largos mayores de 60 m.

**CARCAMOS DE BOMBEO.**

En ocasiones habrá necesidad de construir cárcamos de bombeo para drenaje que podrán ser de concreto o tabique; a cielo abierto por la producción de gases; con cierta capacidad que depende del equipo de bombeo y del escurrimiento promedio máximo; se mantendrá en buenas condiciones de funcionamiento con una periódica conservación de todo el sistema.

### CAPITULO III

#### COORDINACION DE ACTIVIDADES.

Con motivo de la complejidad de las obras que forman un aeropuerto y dado que tienen gran número de actividades, se dejan a un lado los detalles para tratar los aspectos más importantes de la obra.

Se procederá a enlistar las actividades por zonas del aeropuerto, partiéndolo de los conceptos generales (principales) y una vez definidas éstas, se subdividirán en actividades secundarias según lo detallado y minucioso que se desee hacer la coordinación del trabajo, teniendo especial cuidado en no omitir alguno de los conceptos que forman el proyecto.

#### 3.1.- ZONA AERONAUTICA.

La zona aeronáutica la componen la pista, calles de rodaje y plataformas, tomando en cuenta sus franjas de seguridad y acotamientos respectivos.

Las principales actividades de construcción son las siguientes:

#### 1.- Construcción de terracerías.

- Desmante
- Despalme
- Cortes
- Terraplenes
- Afinamientos y mejoramientos

2.- Excavaciones, construcción, colocación y relleno de:

- |  |                     |
|--|---------------------|
| -Alcantarillas                                   | -Bases para postes  |
| -Canales   | -Registros          |
| -Ductos  | -Cables             |
| -Red de tubería para combustibles en plataforma. | -Cárcamos de bombeo |
|  | -Cisterna           |

3.- Pavimentación.

Pavimento Flexible

- Sub-base
- Base
- Carpeta

Pavimento Rígido

- Sub-base
- Losa

4.- Colocación de equipos.

- |                            |              |
|----------------------------|--------------|
| -Cableado                  | -Cercados    |
| -Ayudas visuales luminosas | -Terracerías |

o no.



- Ayudas electrónicas (VOR, ILS, -Accesos
- RADAR, DME) -Plantas de emergencia
- Subestaciones de campo -Zonas de protección

### 3.2.- ZONA TERRESTRE.

La zona terrestre esta formada por el camino de acceso, estacionamiento, red vial interna. Las actividades principales que intervienen en su construcción son:

#### 1.-Terracerfias.

- Desmonte
- Despalme
- Cortes y terraplenes
- Afinamientos y mejoramientos.

#### 2.-Excavación, construcción, colocación y relleno de:

- Alcantarillas
- Canales
- Ductos y registros
- Bases para postes
- Tubería y registros de agua
- Cárcamos de bombeo
- y drenaje
- Pruebas.

#### 3.-Pavimentación.

- Sub-base
- carpeta
- Base

## 4.-Obras complementarias.

- Señalamiento luminosos o no
- Rejillas
- Banquetas
- Tapas
- Conexiones de las redes
- Zonas de protección de agua, luz, drenaje, etc.

## 3.3.- ZONA TERMINAL.

La zona terminal está formada por los siguientes edificios: Terminal, Anexo a Torre, Torre de control Casa de máquinas, Cuerpo de rescate y extinción de incendios. Las actividades que intervienen en su construcción son:

## 1.-Terracerías.

- Desmonte
- Despalme
- Terraplén y corte

## 2.-Excavación, construcción, colocación y rellenos de:

- Cimentación
- Ductos y registros eléctricos, telefónicos, etc.
- Muros de contención
- Tubería y registros para agua y drenaje

## 3.- Construcción de edificios.

- |                |               |
|----------------|---------------|
| -Cimentaciones | -Losas        |
| -Muros         | -Firmes       |
| -Columnas      | -Trabes, etc. |

## 4.- Tubería, colocación y cableado en instalaciones:

- |                                 |                     |
|---------------------------------|---------------------|
| -Hidráulicas                    | -Aire acondicionado |
| -Eléctricas                     | -Calefacción        |
| -Telefónicas, intercomunicación | -Pruebas            |
| -Mecánicas                      | -Otras              |

## 5.- Acabados interiores y exteriores.

- |                 |                     |
|-----------------|---------------------|
| -Pisos          | -Lambrines          |
| -Banquetas      | -Jardinería         |
| -Andadores      | -Señalamientos      |
| -Pintura        | -Muebles            |
| -Recubrimientos | -Impermeabilización |
| -Vidrios        | -Plafones.          |

## 6.- Colocación de instalaciones especiales.

- |                                |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| -Rejillas y difusores          | -Unidades de iluminación |
| -Subestaciones de distribución | -Tableros de control     |
|                                | -Sonido                  |
| -Plantas de emergencia         | -Equipos contr incendios |
| -Monitores de T.V.             | -Bandas transportadoras  |
| -Tableros de información       | -Otras.                  |

### 3.4.- ZONA INDUSTRIAL.

La zona industrial está formada por la zona de combustibles, hangares, talleres, etc..

En su construcción intervienen las siguientes actividades principales:

#### 1.-Terracerías:

- Desmonte
- Despalme
- Cortes y terraplenes
- Afinamientos

#### 2.-Excavación, construcción, instalación y rellenos de:

- Cimentaciones para tanques y edificios
- Ductos y registros eléctricos, telefónicos, etc.
- Tubería y registros de agua, drenaje y combustible.
- Puebas y tanques de combustible.

#### 3.-Pavimentación.- En liga vial y alrededores de edificios.

- Sub-base
- Base
- Carpeta

## 4.- Construcción de edificios:

-Cimentaciones

-Muros

-Techos

-Firmes

-Acabados interiores y exteriores.

## 5.-Tubería, colocación y cableado en instalaciones:

-Hidráulicas

-Eléctricas

-Telefónicas, intercomunicación

-Equipos, pruebas.

## 6.- Obras complementarias:

-Señalización

-Cercados

-Pintura

-Conexión de redes

-Banquetas

-Instalación de unidades

-Tableros de control

luminosas

-Muebles

-Subestaciones

-Plantas de emerg. centrales

Una vez definidas y agrupadas todas las actividades principales que intervienen en la construcción del aeropuerto , procederé a dividir la obra en varios contratos.

Como se puede observar en todas las zonas del aeropuerto intervienen casi los mismos conceptos de construcción, pero con diferentes especificaciones, por ejemplo: las terracerías son necesarias y de distintas características para la construcción de pavimentos, edificaciones, etc. Por lo tanto es conveniente para hacer una buena coordinación, concursar la obra por actividades que sean la especialidad de las contratistas y así evitar que entre ellas haya "invasiones" en su campo de trabajo; aunque en algunas ocasiones existirá la necesidad de hacer obras de otra especialidad a la de la contratista ya sea por falta de concurso de dicha obra en especial u otra causa que que interfiera con alguna etapa constructiva; tal es el caso de la colocación de tubería de combustibles en la plataforma por un contratista de pavimentos.

A mi juicio, la división de la construcción del aeropuerto la haría en los siguientes seis contratos de obra:

1.- Obra Hidráulica.- Todo lo relacionado con redes de

agua potable, drenaje, combustibles, etc.

2.- Obras Especiales.- Incluye todas las instalaciones especiales como: bandas transportadoras, elevadores, puertas automáticas, pantallas de información, escaleras eléctricas, etc.

3.- Obra de Edificación.- Todo lo relacionado con los edificios tales como: Torre de Control, Edificio Terminal, CREI, otros.

4.- Obra Civil.- Este contrato abarcará la construcción de terracerías y pavimentaciones de todo el aeropuerto.

5.- Obra Eléctrica.- Incluirá todas las instalaciones de iluminación, ayudas visuales luminosas, ayudas electrónicas, controles eléctricos, etc.

6.- Obra Mecánica.- Relacionado con la fuente de abastecimiento de agua, cárcamos de bombeo, tratamientos de aguas, control en combustibles, etc.

Con esta división nos será más fácil coordinar la obra, bastará un solo contratista de terracerías que se encargue de todas las del aeropuerto en general y no uno para cada zona.

## COORDINACION.

\* La obra se inicia con las terracerías (desmontes, cortes, terraplenes, afinamientos) en camino de acceso, estacionamientos, calles de rodaje, plataformas, pistas, edificios, caminos interiores, etc.

\* Terminadas las terracerías se inicia la obra de edificaciones con las excavaciones, construcciones y relleno de cimentaciones.

\* En éste momento se pueden iniciar la excavación, colocación y relleno de las diferentes instalaciones (mecánicas, hidráulicas, eléctricas, especiales) como bases, registros, protecciones, cisterna, cárcamo de bombeo, ducterío en las redes de drenaje, alimentación de agua, eléctrica, alimentación de combustibles, canales, en todo el aeropuerto.

\* Se continúa con la pavimentación del camino de acceso, red vial interior, zona industrial, zona aeronáutica, etc., colocándo de antemano los requerimientos necesarios para las diversas instalaciones que se localicen en cualquier capa del pavimento; por ejemplo: el "peine" o red de tubería para combustibles en la plataforma de operaciones deberá ir colocado en terracerías



o sub-base, dependiendo del colchón de protección y del pavimento, de no hacerlo así, se tendrá que romper la estructura del mismo para su colocación.

\* Después de la pavimentación se harán los arreglos a franjas de seguridad, acotamientos, taludes en caminos, jardinería en los alrededores de edificios, etc.

\* Al término de la pavimentación se procederá a la conexión de las redes de agua, drenaje y combustibles con sus respectivos equipos y edificaciones.

También se puede ir cableando, conectando y probando los equipos electrónicos y eléctricos.

\* Después de hacer las pruebas correspondientes a las diferentes instalaciones, se iniciarán los trabajos de acabados interiores y exteriores de edificios como: recubrimientos, pisos, banquetas de circulación, pintura, señalamientos, muebles, impermeabilización, cercados, plafones, vidrierías, llaves, unidades de iluminación, colocación de ayudas visuales luminosas ó no, ayudas electrónicas (VOR, ILS, DME, RADAR), subestaciones de campo, plantas de emergencia, tableros de control, otros.

Una vez terminado el aeropuerto, se someterán

a una serie de pruebas todos los equipos instalados para verificar y garantizar su buen funcionamiento. Todo éste período de pruebas puede tomarse varios meses de duración dependiendo del tipo de aeropuerto.

\* A continuación se hará una limpieza general que también deberá de coordinarse, para después hacer la inauguración y entrega a las autoridades correspondientes de la obra en conjunto con los planos definitivos de acuerdo con lo ejecutado y después de haber realizado un minucioso levantamiento de todos los equipos, materiales e instalaciones colocadas, que en la mayoría de los casos varía con respecto a los planos de proyecto.

**C A P I T U L O   I V****P O S I B I L I D A D E S   D E   P R O G R A M A C I O N**

Una programación puede definirse como una tabla de tiempos de calendario para asignar o aplicar recursos a las actividades de proyecto, dentro de los límites disponibles. Tal asignación tiene lugar hasta después de que el plan maestro haya sido trazado, refinado y aprobado.

Al desarrollar un programa el propósito fundamental es terminar el proyecto al menor tiempo y al menor costo; para lograr esto es necesario conocer los elementos de un proyecto y que a continuación se describen:

- A).- Operaciones, o las cosas que hacemos.
- B).- Recursos, o las cosas que usamos.
- C).- Las condiciones o limitaciones bajo las cuales debemos trabajar y que están fuera de nuestro control.

Los recursos son cinco: Hombres, Materiales, Máquinas, Dinero y Tiempo. Estas condiciones pueden ser consideradas como restricciones internas. Por otro lado las condiciones impuestas externamente podrían ser: una

fecha de terminación, una limitación en el capital, la entrega por agencias exteriores de cosas tales como diseños, materiales, equipos, etc.

Todos estos elementos forman el proyecto, su objetivo es coordinar todos ellos en un Plan Maestro que debe ser un modelo de construcción de cualquier tipo de obra.

El primer paso, para crear el Plan Maestro, es determinar qué actividades tienen que ejecutarse y su secuencia de realización. El resultado es un modelo, de la manera en la cuál el proyecto puede ser llevado a cabo, funcionando como herramienta de trabajo, eliminando los problemas que se puedan presentar a lo largo de su ejecución.

Una técnica para encontrar la secuencia de los trabajos, es hacer un listado de las actividades y con la ayuda del mismo reorganizarlas por orden de ejecución. Esta técnica es tediosa e incómoda pues se requiere una gran cantidad de escritura y de correcciones. Además es bastante propensa a errores.

Para superar estos errores, nos auxiliaremos de un "Diagrama de Flechas" o "Diagrama de Redes", el cual nos ofrece las siguientes ventajas a diferencia del listado:

- 1).- El diagrama es un modelo de trabajo; pue-

de ser seguido por cualquiera con muy poca explicación.

- 2).- Por medio de un diagrama puede asimilarse de manera inmediata el alcance del proyecto completo y además visualmente.
- 3).- Los problemas quedan resueltos en el papel antes de que ocurran.
- 4).- Las posibilidades de omisión se reducen notablemente.
- 5).- Se logra coordinación entre el trabajo y las entregas de materiales.
- 6).- El trabajo se planea en el orden en el cual debe hacerse y no en el que podía hacerse.
- 7).- Para cada trabajo, toda actividad previa es evidente de inmediato.

Con la elaboración del Diagrama de Flechas po demos aplicar el Método de la "Ruta Crítica" el cual es un sistema lógico y racional de planeación, programación y control, que permite a las personas que intervienen en la realización de un proyecto, determinar el modo más conveniente de ejecutarlo, programarlo en fechas calendario y por consiguiente, controlarlo con mayor eficiencia.

Con el Método conocemos cuáles actividades denu

tro del total que hacen posible la realización del proyecto, son las que determinan la duración total del mismo; estas actividades encadenadas una a continuación de la otra, son las que marcan la trayectoria o ruta crítica, pues cualquier adelanto o atraso en alguna de ellas, originará lo mismo en la terminación del proyecto.

Después de haber realizado el Diagrama de Flechas y obtenido la Ruta Crítica, se procede a la elaboración del "Diagrama de Barras" o "Diagrama de Gantt" el cual es una rerepresentación gráfica del tiempo que se ha estimado para las principales actividades del proyecto a ejecutar y con el que se podrá llevar a cabo un control de obra en la fase constructiva.

El Diagrama se forma como sigue:

- A).-Existirá una barra que a cierta escala, representa el tiempo de ejecución de cada una de las actividades del diagrama de flechas.
- B).-Se convierte la escala de tiempos efectivos en una escala de días calendario, haciendo coincidir el origen de la escala con la fecha de iniciación del proyecto, se ajustan en seguida las posiciones de las barras que representan a las actividades teniendo en cuenta los días no laborables (días de descanso y días festivos).

C).--Todas aquellas actividades que tienen holgura deben también representarla en el diagrama.

Los datos para la construcción del diagrama de barras son fundamentales las Iniciaciones más Próximas (Ip), la duración y la holgura de las actividades; de tal manera que si dibujamos una barra para cada una de ellas, iniciándola en la fecha correspondiente a la iniciación más próxima, y prolongándola a la escala debida por toda su duración, habremos logrado un programa en el que no se han usado sus holguras.

El paso siguiente consiste en el análisis del programa obtenido desde el punto de vista de los demás recursos: Maquinaria, Hombres, Materiales y Dinero.

Si anotamos para cada período de tiempo sobre la barra el costo correspondiente al volumen de obra ejecutado, obtendremos el importe de la obra en ese lapso de tiempo, también con este sistema podemos obtener las cantidades de dinero necesarias para ese avance de obra; si la distribución general de la obra no nos es conveniente, podemos hacer uso de las holguras hasta obtener una distribución lo más adecuada posible.

En la misma forma se deben revisar los programas en lo que respecta a distribución de personal, equipo, etc.

**CAPITULO V****PLANTEAMIENTO DE UN CASO TEORICO**

En el presente capítulo se pretende dar un ejemplo de programación de obra, aplicando a un aeropuerto los principios de coordinación y programación tratados en los capítulos anteriores.

El proyecto del aeropuerto teórico será de características similares a los construídos actualmente en el país e incluirá:

- Edificio Terminal.
- Edificio de Rescate y Extinción de Incendios.
- Edificio Técnico.
- Torre de Control.
- Camino de Acceso de la carretera al estacionamiento.
- Plataforma de Operaciones de Concreto Hidráulico.
- Una Pista y dos Calles de Rodaje de Concreto Hidráulico.
- Estacionamiento de Vehículos.
- Zona de combustibles.
- Ayudas Visuales Luminosas ( REIL, VASIS, Luces, etc.).



- Ayudas Electrónicas (VOR, DME, RADAR, ILS).

La zona donde se localizará es de vegetación mediana, suelo natural de buena resistencia, y se cuenta en el lugar con las materias primas de construcción.

El abastecimiento de agua sera por medio de pozo profundo, se contará con: una cisterna y un cárcamo de bombeo.

La programación del peroyecto del aeropuerto en cuestión se hará a nivel de análisis, dividiendo el aeropuerto en cuatro zonas (Aeronáutica, Terrestre, Terminal e Industrial) con el fin de hacer un estudio individual y tener una mejor visión de las actividades a realizar. Una vez analizadas las cuatro zonas, se procederá a interrelacionar las actividades en un diagrama de flechas general, según su dependencia.

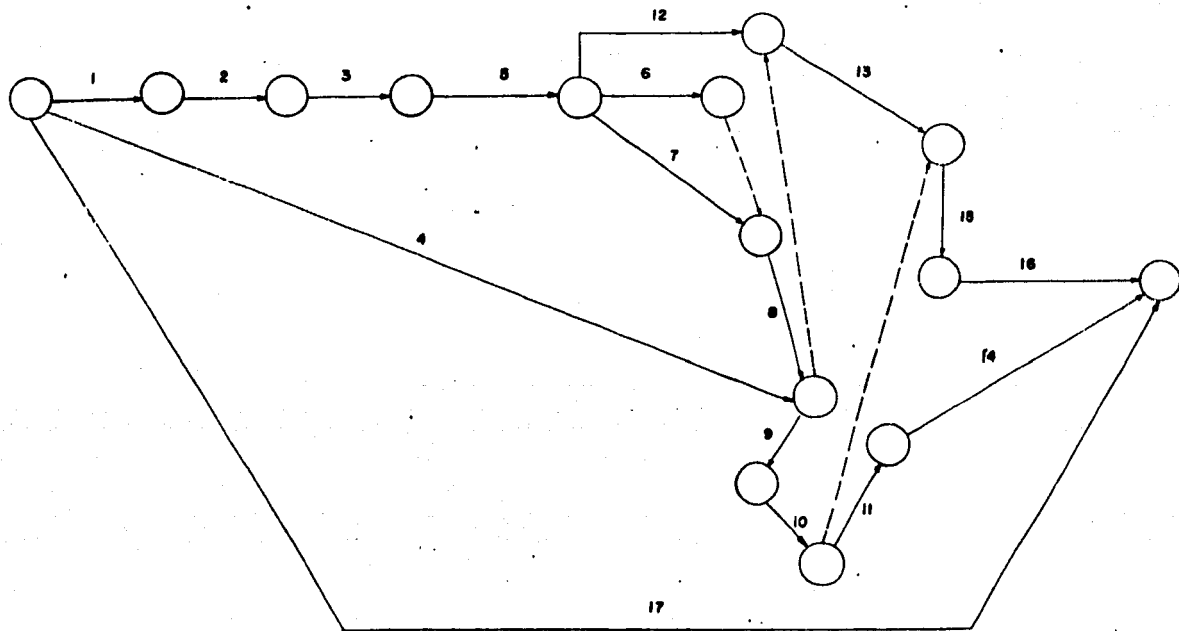
Ahora bien, para cada zona en particular se hará un listado de las actividades para su construcción, indicando su dependencia entre sí. A continuación se elaborará el diagrama de flechas correspondiente.

Zona Aeronáutica.- Comprende pista, calles de rodaje y plataforma.

DEPENDENCIA DE LAS ACTIVIDADES		
NUM.	DESCRIPCION	DEPENDENCIA
1	Trazo	no depende de nada
2	Desmante y despalme	depende de 1
3	Hacer cortes y terraplenes	depende de 2
4	Producción de agregados	no depende de nada
5	Afinamiento, mejoramiento de cortes y terraplenes	depende de 3
6	Excavación y construcción de canales y alcantarillas para drenaje pluvial	depende de 5
7	Exc. y colocación de ductos, cables y registros eléctricos y de combustibles con sus líneas de conducción e hidrantes en plataforma.	depende de 5
8	Cableado, relleno y compactación de excavaciones.	depende de 6 y 7
9	Construcción de capa Sub-base	depende de 8 y 4
10	Coloc. de ductos para cables y cajas para unidades luminosas (ahogadas en losa) pista y rod.	depende de 9
11	Construcción losa de conc. hidr.	depende de 10

NUM	DESCRIPCION	DEPENDENCIA
12	Terracerías, pavimentos en franjas y acotamientos para ayudas visuales luminosas y electrónicas.	depende de 5
13	Colocación de los equipos de ayudas VASIS, ILS, VOR, DME, RADAR, etc., con sus subestaciones de campo, plantas de energía, accesos, etc.	depende de 8 y 12
14	Señalamientos	depende de 11
15	Conexiones de equipos a Torre de Control	depende de 13 y 10
16	Pruebas	depende de 15
17	Cercados	no depende de nada

## DIAGRAMA DE FLECHAS DE ZONA AERONAUTICA.



Es conveniente hacer notar que de las actividades anteriores se puede preguntar uno acerca del por que después de afinar, compactar y tratar el material de terracerías se procede a hacer la excavación para ductos, registros y alcantarillas, pues bien, se sigue este procedimiento constructivo debido a que si se construye antes del afinamiento las obras citadas, se cae en el problema de que se puedan tapar los registros, romper los ductos, dificultad de maniobras del equipo, etc.

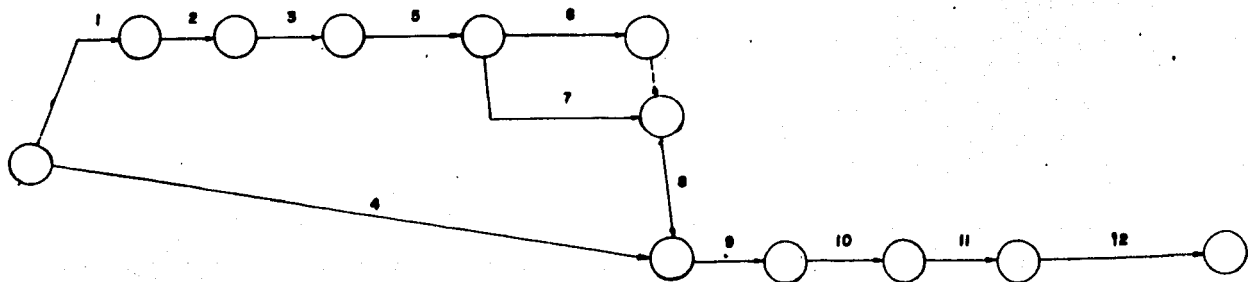
También se puede observar que en el listado existe una mezcla de especialidades que corresponden a la obra civil, hidráulica y eléctrica, por lo que habrá necesidad de asesoramiento técnico entre contratistas cuando realicen actividades que para culminarlas necesiten hacer obras de otra especialidad; tal es el caso de que un electricista al construir sus ductos y registros necesita rellenar las excavaciones, darles una compactación igual a la que tenía y que por lo general necesita la ayuda de un ingeniero de pavimentos o terracerías.

Zona Terrestre.- Formada por el camino de acceso, estacionamiento y red vial interna.

## DEPENDENCIA DE LAS ACTIVIDADES

NUM.	DESCRIPCION	DEPENDENCIA
1	Trazo	No depende de nada
2	Desmante y despalme	Depende de 1
3	Cortes y terraplenes	Depende de 2
4	Producción de agregados	No dep. de nada
5	Afinamiento y tratamiento de cortes y terraplenes	Depende de 3
6	Excavación y const. de alcantarillas, drenes y canales de agua	Depende de 5
7	Exc., coloc. de ductos y registros elec; tuberías de agua y drenaje	Depende de 5
8	Relleno y comp. de excavaciones	Depende de 6 y 7
9	Construcción capa Sub-base	Depende de 8 y 4
10	Construcción capa Base	Depende de 9
11	Constr. Carpeta	Depende de 10
12	Obras complementarias: señalamiento luminoso o no, banquetas, postes, cercados, rejillas, tapas, etc.	Depende de 11

## DIAGRAMA DE FLECHAS DE ZONA TERRESTRE.



Zona Terminal,- Incluye los edificios : Terminal, CREI, Torre de Control y Técnico.

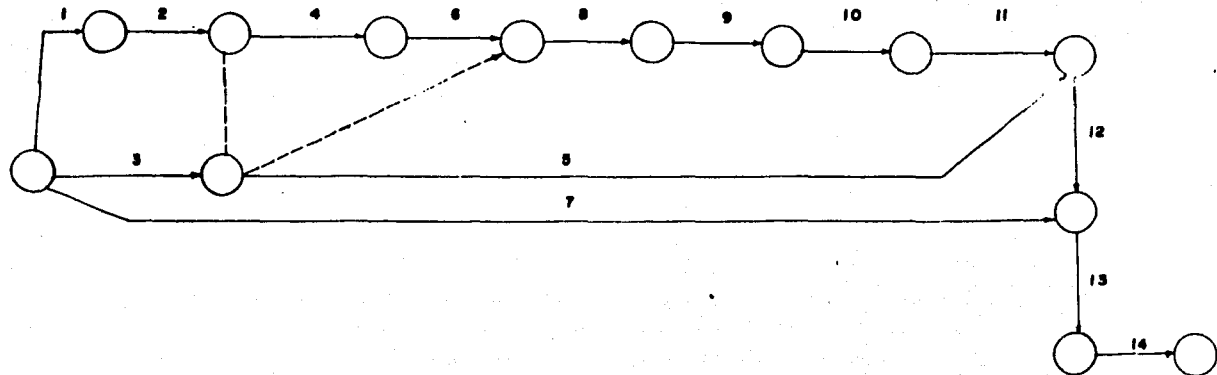
## DEPENDENCIA DE LAS ACTIVIDADES

NUM.	DESCRIPCION	DEPENDENCIA
1	Trazo	No depende de nada
2	Terracerías (desmante, despalme, mejoramiento, terraplenes, etc.)	Depende de 1
3	Producción de agregados	No dep. de nada
4	Exc. y coloc. de ductos y registros electricos; tubería de agua y drenaje.	Depende de 2
5	Construcción de pozo profundo, cisterna y cárcamo de bombeo	Depende de 2 y 3
6	Rellenos, cableado.	Depende de 4
7	Introducción de Energía Electr.	No dep. de nada
8	Construcción de cimentaciones, muros, techos, firmes.	Depende de 6 y 3
9	Colocación de: tubería hidráulica, ductos y cables elec., aire acond., etc. en edificaciones	Depende de 8
10	Colocación de equipos de a. acond. instalaciones especiales (elevadores, ptas. automáticas), subestaciones elec., plantas de emergencia, etc.	Depende de 9



NUM.	DESCRIPCION	DEPENDENCIA
11	Acabados interiores y exteriores: recubrimientos, pisos, banquetas, jardinería, andadores, señalamien- tos, pintura, vidriería, muebles, canceles, impermeabilización, etc.	Depende de 10
12	Conexiones de equipos redes de agua, dreje, electricidad, combustibles, etc. a sus fuentes de abastecimien- to, extracción, alimentación y con- trol.	Depende de 5 y 11
13	Pruebas de todas las instalaciones en conjunto	Depende de 7 y 12
14	Limpieza general	Depende de 13

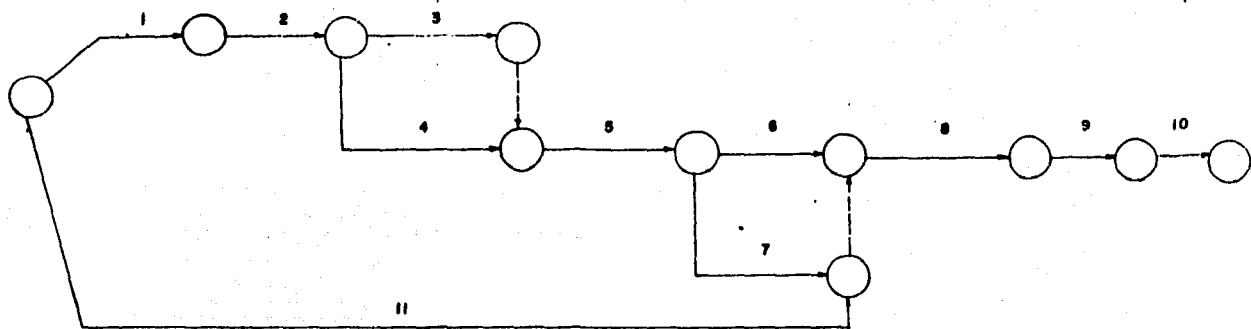
## DIAGRAMA DE FLECHAS DE LA ZONA TERMINAL.



Zona Industrial.- Formada por hangares, talleres y zona de combustibles.

DEPENDENCIA DE LAS ACTIVIDADES		
NUM.	DESCRIPCION	DEPENDENCIA
1	Trazo	No dep. de nada
2	Terracerías	Depende de 1
3	Excavación y construcción de cimientos de tanques y edificios	Depende de 2
4	Excavaciones y colocación de: ductos, registros eléc.; tubería de agua, drenaje y combustible.	Depende de 2
5	Relleno de excavaciones	Depende de 3 y 4
6	Construcción de edificios (IDEM a Zona Terminal)	Depende de 5
7	Constr. de tanques para combustibles.	Depende de 5y 11
8	Colocación y conexiones de cables equipos de bombeo, subest. eléct., tableros de control; redes de: agua drenaje, combustibles; planta de emergencia.	Depende de 6 y 7
9	Pruebas en general	Depende de 8
10	Limpieza	Depende de 9
11	Fabricación de tanques	No depende de nada

## DIAGRAMA DE FLECHAS DE LA ZONA INDUSTRIAL.



## DIAGRAMA DE FLECHAS GENERAL

Como se dijo anteriormente, se analizó el aeropuerto por zonas y ahora en el siguiente diagrama de flechas se hará una intergración de los de los individuales, en el cuál se verán todas las actividades relacionadas entre sí, partiéndo de un evento que sirve de origen para todas las zonas.

Con la finalidad de obtener la Ruta Crítica y en Programa, se les asignó a cada actividad una duración apoyada en un análisis muy somero y la experiencia propia. En un caso real, dichas duraciones serán calculadas en función del volumen de obra y de los recursos (hombres, equipo, dinero y materiales) disponibles.

Por otro lado, quiero recalcar que el presente capítulo es de un caso teórico y que su único objetivo es el de ejemplificar todo lo anteriormente tratado; por lo cuál no se quizo hacer una relación muy complicada de actividades y que trajo como resultado la dependencia, en algunos casos no necesaria, de las mismas; esto se puede observar en la 8-20, 10-11, que no es preciso excavar y construir canales antes de la Sub-base o del cableado, pudiéndolo hacer a lo largo de la duración del proyecto.

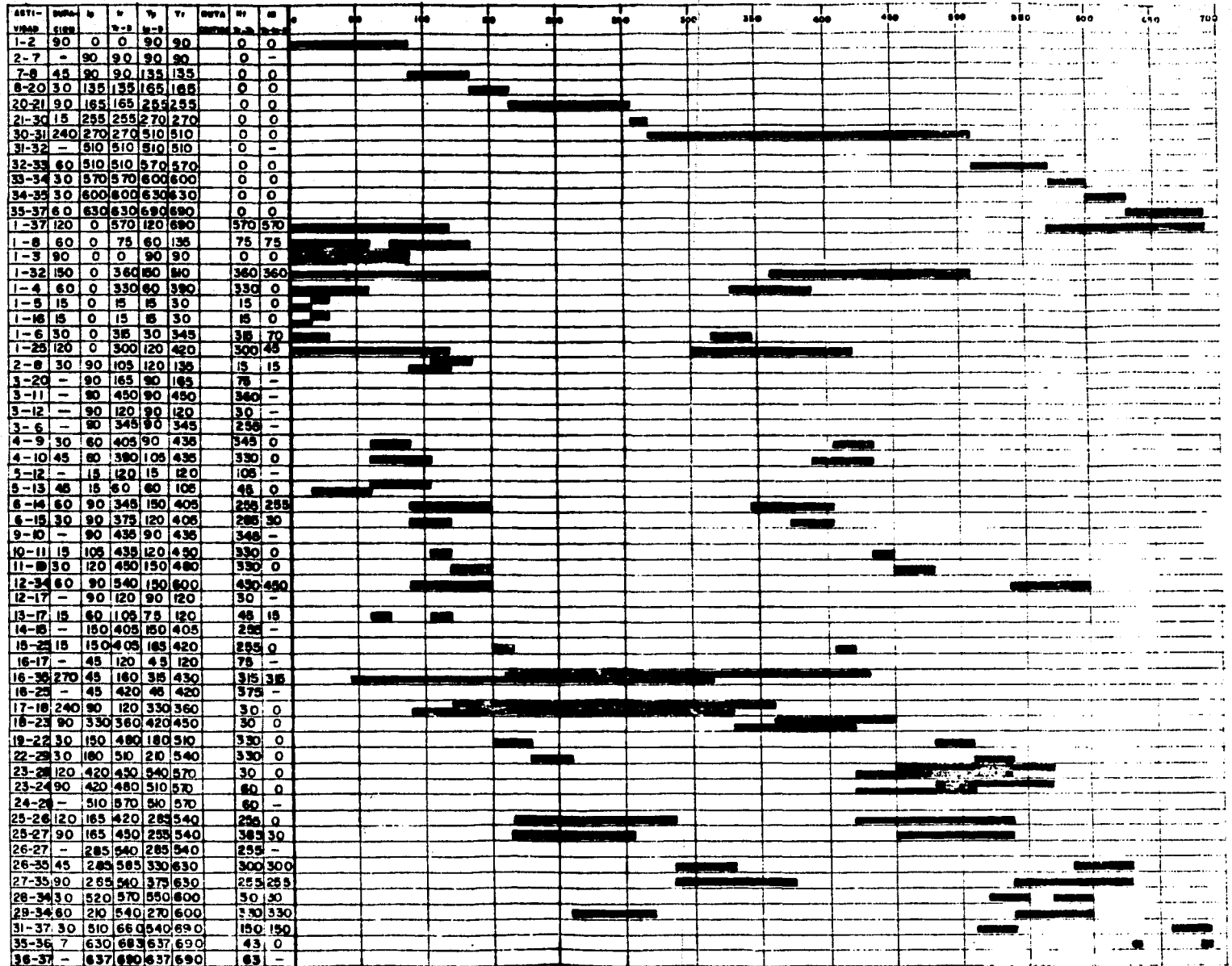
**A PARTIR DE**

**ESTA PAGINA**

**FALLA  
DE  
ORIGEN**



# DIAGRAMA DE BARRAS





## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

En general, para la construcción de culaquier tipo de obra, es de vital importancia su coordinación, la cual consiste en el agrupamiento de las principales actividades constructivas, para después analizar sus interdependencias y así enlistarlas por orden de ejecución.

Para lograr esto es muy importante la intervención del personal más capacitado con la mayor experiencia en el tipo de obra y el conocimiento más amplio de lo que se va a realizar, para que en conjunto definan claramente las actividades y las secuencias que las unen.

Posteriormente se debe elaborar un programa representado por un Diagrama de Gantt o de Barras, como lo ilustra esta Tesis, en el que aparezcan todas las actividades con sus respectivas duraciones, iniciaciones y terminaciones próximas y remotas, así como sus holguras.

Para hacer el programa es necesario realizar un Diagrama de Flechas y obtener su Ruta Crítica, la que

nos será de gran utilidad como herramienta de trabajo para controlar y evaluar nuestros recursos (hombres, equipo, dinero, tiempo y materiales), para determinar la duración del proyecto y ver si se encuentra dentro del plazo establecido.

Es importante mencionar que en la programación, la evaluación de los tiempos de duración de cada actividad deben efectuarse con mucho cuidado, considerando las condiciones normales de trabajo, rendimientos de los recursos a nuestra disposición, volumen de obra y procedimiento constructivo a seguir; sin embargo, no hay que olvidar que en la construcción se tienen una serie de condiciones o limitaciones bajo las cuales tenemos que trabajar y que se clasifican como internas a los recursos y como externas a una fecha de terminación, una limitación en el capital, la adquisición de materiales o equipos en agencias exteriores, etc.

Por otro lado, es conveniente dividir el proyecto en varios contratos, de manera que se puedan coordinar los contratistas entre sí y llevar el avance de la obra por buen camino cumpliéndolo con el programa general.

Por todo lo anterior, se recomienda hacer uso

de la coordinación y programación de cualquier obra, inclusive de las actividades diarias de nuestra propia vida para obtener resultados satisfactorios con una mínima inversión de esfuerzo, dinero y tiempo.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Organización de Aviación Civil, Anexo 14 "Aerodromos", 1978.
- 2.- Robert Horonjeff.- Planning and Design of Airports
- 3.- F. Lopes-Pedraza y Munera.- Aeropuertos, 1970.
- 4.- Secretaría de Obras Públicas.- Especificaciones Generales de Construcción parte II.
- 5.- Gilberto Sotelo A.- Drenaje en Carreteras y Aeropuertos, Instituto de Ingeniería, 1973.
- 6.- Federal Aviation Administration.- Airport Design Standards, Site Requirements for Terminal Navigational facilities AC 150/5300-2A
- 7.- SAHOP.- Manual de Proyectos Geométricos de Carreteras, México 1971.
- 8.- Dr. R.L. Martiniano.- Administración y Control de proyectos, Tomo I y II.
- 9.- Carlos Capri B.- Apuntes de Ruta Crítica, UNAM.
- 10.- Apuntes de Aeropuertos.- De la clase de Aeropuertos del Ing. Federico Dovalí R.

México D.F. Octubre 1979