

“Aeropuertos”

José Luis Escario Núñez del Pino

Revista de Obras Públicas vol. 83, tomo I,
nº 2.666, año 1935, pp. 127-134

vol. 83, tomo I, nº 2.667, año 1935, pp. 145-150

vol. 83, tomo I, nº 2.668, año 1935, pp. 169-175

vol. 83, tomo I, nº 2.669, año 1935, pp. 185-191

vol. 83, tomo I, nº 2.670, año 1935, pp. 205-214

vol. 83, tomo I, nº 2.671, año 1935, pp. 229-232

Aeropuertos

Empezamos hoy la publicación de una serie de artículos resumen de las conferencias dadas a los alumnos de quinto año de la Escuela por los profesores señores Castro y Escario, sobre el proyecto y construcción de aeropuertos y rutas aéreas. La Escuela, que desde hace años dedica la atención debida a las cuestiones de aviación, perfectamente atendidas por nuestro compañero señor Laffon, ha creído conveniente completar la formación de los alumnos con el estudio

detenido de los problemas de aeropuertos y rutas aéreas, imprescindibles dado el desarrollo de la aviación comercial, para un ingeniero de transportes como lo es muy principalmente el ingeniero de Caminos.

Importancia de la navegación aérea. — El crecimiento de la aviación en los últimos veinte años ha sido rapidísimo; la guerra mundial trajo, por el desarrollo de la aviación de combate, un perfeccionamiento

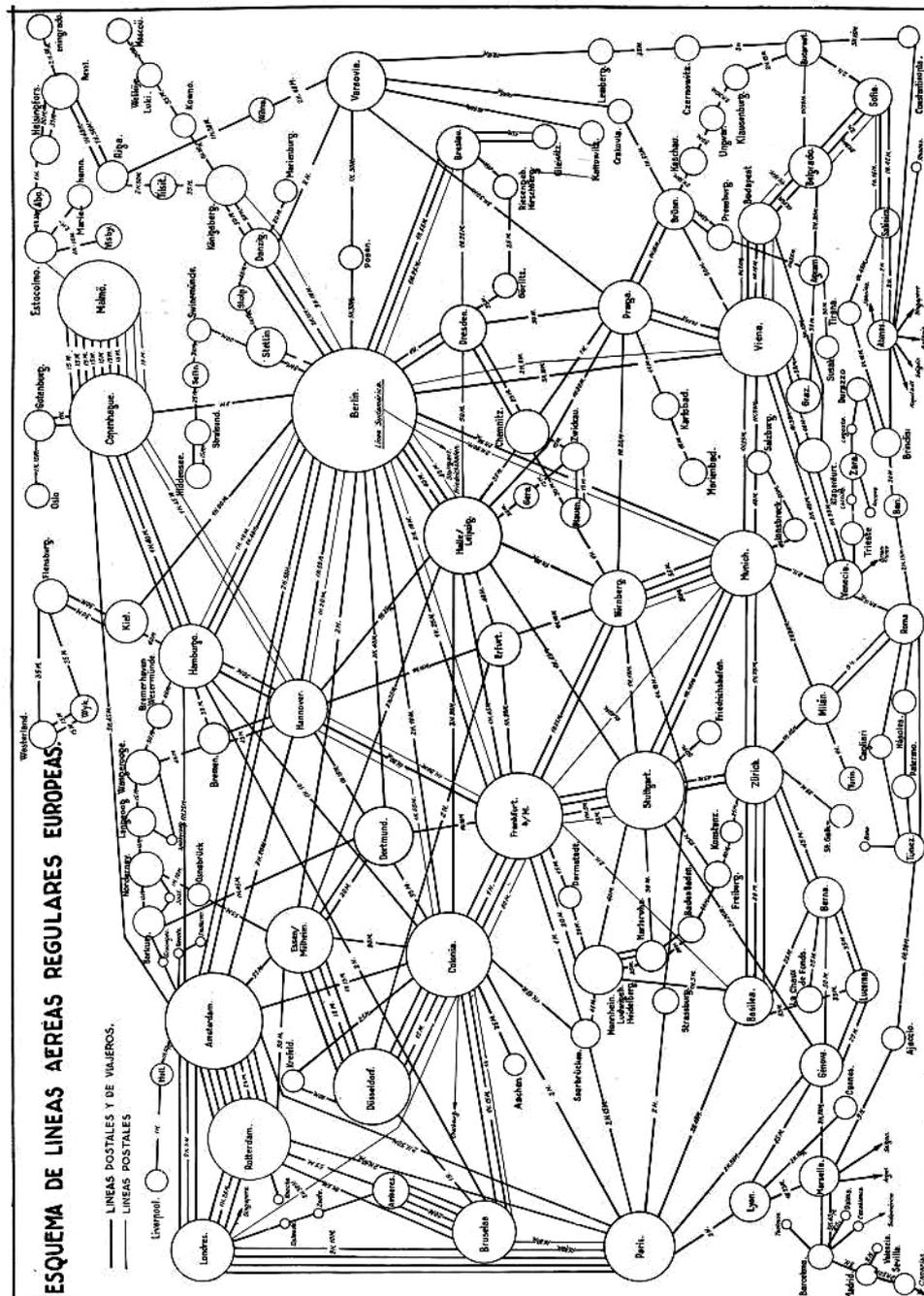


Figura 1.

to grande en la mecánica de los aparatos y la formación de un gran número de pilotos que, al cesar las hostilidades, buscaron sus medios de vida en la aviación civil. En Europa y en América se establecieron numerosas líneas de servicio regular para el transporte de viajeros y mercancías, correspondencia especialmente. En Estados Unidos, por ejemplo, en 1.º de

América del Sur), 19.400; Alemania, 17.900; Holanda, 12.620; Italia, 7.350, y U. S. S. R., 14.000.

Las líneas postales mixtas (con vapores en combinación) a Suramérica, hacen un servicio regular, y actualmente se trabaja para el establecimiento de una línea regular con Estados Unidos, partiendo del Ferrol o Lisboa, estableciendo en el intermedio de su

MAPA DE AEROPUERTOS DE ESPAÑA.



Figura 2.ª

junio de 1934, existían 17.315 millas de rutas aéreas, iluminadas para viajes nocturnos; 256 millas sin iluminar, para viajes de día, y 1.499 millas para viajes de día, pero señaladas con iluminación, o sea, en total 19.070 millas de rutas aéreas regulares; si se tiene en cuenta las líneas fuera del territorio de los Estados Unidos, el total de líneas americanas asciende a 49.000 millas. Gran Bretaña (incluyendo las rutas en las Indias y África del Sur a Inglaterra) cuenta con 12.370 millas; Francia (incluyendo las líneas de

recorrido varios aeropuertos flotantes. Hoy el servicio entre Dakar y Natal se hace con el auxilio de un buque-tanque para el abastecimiento de los hidros, que empiezan a efectuarlo como ensayo para hacerlo regular, habiéndose logrado llegar con cinco fechas a Barcelona una carta de Santiago de Chile. El maravilloso record de Londres a Melbourne, en 60 h. 59' de vuelo y 70 h. 59' en total, es otra prueba del magnífico campo de posibilidades que ante nosotros tenemos, haciendo verosímil el sueño de una línea regular de trans-

porte de correspondencia entre Inglaterra y Australia.

La aviación se pone al alcance de todos, no sólo como medio rápido y seguro de transporte en líneas regulares, sino también como medio de transporte particular; una avioneta cuesta menos que algunos coches y su reducido tamaño y fácil manejo, hacen de ella un medio corriente de transporte, principalmente en Estados Unidos y Gran Bretaña.

Así como el desarrollo del automovilismo necesita como condición previa, una buena red de carreteras, asimismo el desarrollo de la aviación hace necesario el acondicionamiento de rutas del aire, con aeropuer-

tables de seguridad. Por esta causa, pasada la guerra, se ha ido, en los países beligerantes, abandonando un buen número de aeropuertos, utilizados para las necesidades militares, y se han sustituido por otros definitivos con las debidas condiciones, por su emplazamiento, clase de terreno, etc. . .

¿Cuál es la situación actual en España? Realmente no existen más que los aeropuertos militares; el aeropuerto de Madrid (Barajas) de condiciones muy discutibles, está prácticamente sin terminar, falto de elementos esenciales y la organización de nuestra aviación civil, es muy reducida. Las líneas de Madrid a

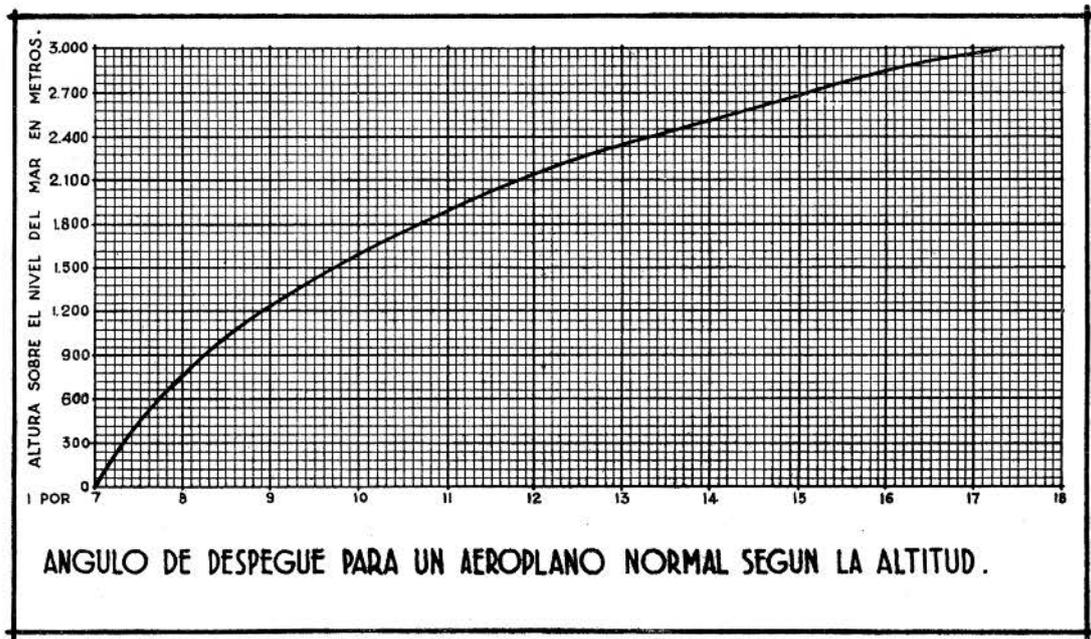


Figura 3.ª

tos de socorro y aprovisionamiento y aeropuertos terminales, debidamente acondicionados, para recibir una gran densidad de tráfico. Berlín, por ejemplo, recibe en Tempelhof 34 líneas regulares y Hamburgo 14, con un total de cerca de 100 aparatos al día el primero y 40 el segundo. La construcción de aeropuertos acondicionados para el servicio de los grandes aparatos de transporte, de peso elevado, que en gran número llegan a un aeropuerto principal, presenta al ingeniero problemas técnicos de importancia; un avión puede aterrizar en un momento dado en un campo que cumpla la única condición de no presentar obstáculo en la longitud indispensable; igualmente en él pueda elevarse, siempre y cuando suceda lo propio, aunque la carrera o longitud precisa para el despegue sea mayor que la necesaria en un terreno apropiado; pero si las operaciones se repiten un gran número de veces al día, como sucede en los aeropuertos importantes y el terreno no reúne las condiciones precisas (por ejemplo: la debida consistencia, situación, etc. . .), habrá días en que el servicio podrá resultar peligroso; al cabo de poco tiempo el terreno se estropeará y prácticamente será imposible su utilización en condiciones acep-

Barcelona, Valencia y Sevilla y Canarias y Barcelona-Palma son todo nuestro servicio comercial, que funciona de un modo regular.

Prácticamente se carece, para la aviación civil, de aeropuertos intermedios que jalonen nuestras rutas principales. Hay que tener en cuenta que los servicios no han de ser únicamente para el interior de España, sino que deben extenderse al exterior, sirviendo de enlace con las principales líneas europeas y africanas y por nuestra parte de un modo directo nuestras posesiones del Norte de Africa y Guinea; hay el proyecto de C. L. A. S. A., concesionaria de las líneas españolas, para fecha próxima, de líneas directas, entre Madrid-París y Madrid-Copenhague.

Es preciso acondicionar nuestro país para el tráfico aéreo, disponiendo las cosas en forma que cada población de relativa importancia cuente con su aeropuerto; los aeropuertos hoy son, en realidad, un servicio municipal y así se consideran especialmente en Alemania y en Norte América.

La comunicación aérea no es sólo un problema nacional, sino internacional, puesto que para ser efectiva tienen las comunicaciones de los distintos países

que estar coordinadas, y en muchas ocasiones, los aviones regulares de una nación volar grandes recorridos sobre territorio extranjero, como en España sucede con los correos de la Compañía francesa Air France, que siguen toda nuestra costa de Levante. Existe por ello en Europa una Comisión Internacional de Aviación Civil «Para determinar, de común acuerdo, ciertas reglas uniformes, en relación con la navegación aérea internacional».

En todos los países el establecimiento de los aeropuertos tiene que estar autorizado por la Dirección de Aviación Civil, dependiente, en unos casos, como en Inglaterra, del Ministerio del Aire, y en otros, como en los Estados Unidos, del Ministerio de Comercio; el departamento encargado de la inspección está a cargo de los ingenieros Civiles, profesión, en aquel país, análoga a los ingenieros de Caminos.

Principios generales.— El vuelo se divide en tres partes principales:

Despegue.

Vuelo propiamente dicho.

Aterrizaje.

Las operaciones de despegue y aterrizaje son las que principalmente interesan, desde el punto de vista del aeropuerto. Un aparato necesita adquirir, para el despegue, una cierta velocidad con relación al aire, que se denomina «velocidad de vuelo»; esta velocidad, característica del aparato, tarda en lograrse un cierto tiempo, dependiente, como es lógico, del coeficiente de rozamiento del aparato con el terreno; como los motores están calculados para trabajar a máxima potencia en el momento del despegue, si el terreno es malo y el aparato está muy cargado, la longitud necesaria para el despegue será muy grande e incluso puede suceder que la velocidad de vuelo no se logre y el aparato no pueda despegar; en cambio puede disminuirse la longitud de despegue mejorando las condiciones del terreno por la construcción de pistas. Cuando ha alcanzado la «velocidad de vuelo», maniobrando los timones de profundidad se hace que el aparato «despegue», elevándose con una cierta inclinación dependiente de sus características. Una vez en el aire, el piloto, para orientarse, puede seguir tres sistemas: orientación por el terreno, siguiendo marcas señaladas en él o bien puntos de identificación en él existentes; por medio de aparatos corrientes de orientación (la brújula), que es preciso utilizarla cuando el piloto, por nubes o niebla, no pueda distinguir el terreno y, por último, por medio de la radio, por cuyo sistema, con fundamento análogo al de la navegación marítima, orienta al aparato por radio faros colocados en ruta.

Para aterrizar, el piloto corta gases y «planea», desliza en el aire con un ángulo conveniente, hasta que «toca tierra» a velocidad variable entre 60 y 75 kilómetros por hora; cuando esta velocidad se ha reduci-

do y el aparato está a punto de detenerse, el piloto acelera nuevamente sus motores y por sus propios medios, rodando, va el avión hasta el punto de parada.

El ángulo para el despegue o descenso de un avión varía de 1 por 7 a 1 por 14, manteniéndose constante durante él; este ángulo se comprende tiene una excepcional importancia para el proyecto de aeropuerto, puesto que, un obstáculo en el recorrido de toma de altura o descenso puede ser fatal. Varía este ángulo según la altitud, de acuerdo con la figura.

Las condiciones de aterrizaje y despegue del autogiro son mucho más ventajosas que las de los aparatos corrientes. El autogiro puede despegar y tomar tierra en aeropuertos mucho más reducidos. El porvenir que este aparato presenta es grande; no obstante, creemos será difícil llegue a sustituir por completo a los aparatos corrientes para grandes velocidades y capacidad importante de transporte; si el autogiro llegara a desplazarlos por completo, la aviación habría alcanzado tal desarrollo, que seguramente los aeropuertos actuales serían incapaces; no parece lógico construir los aeropuertos de pequeñas dimensiones, pensando en la menor superficie que el autogiro necesita.

Aeropuertos. Elección del emplazamiento.—

La elección del emplazamiento depende de un modo principal del carácter del aeropuerto; sus fines pueden ser: servir a una ciudad o grupo de ciudades situadas en una línea principal; ser aeropuerto principal o de término de una gran capital; o ser aeropuerto de aprovisionamiento o socorro de una línea principal. En los casos primero y segundo las condiciones urbanísticas, digámoslo así, nos delimitarán las zonas de terrenos posibles, reduciéndose mucho las posibilidades de emplazamiento; en el tercer caso, la indeterminación es mayor, puesto que como única condición esencial, se debe tener en cuenta la proximidad a la línea principal, que debe ser, para aprovechar una de las ventajas principales de la aviación, lo más recta posible.

Las condiciones a tener en cuenta para el empla-

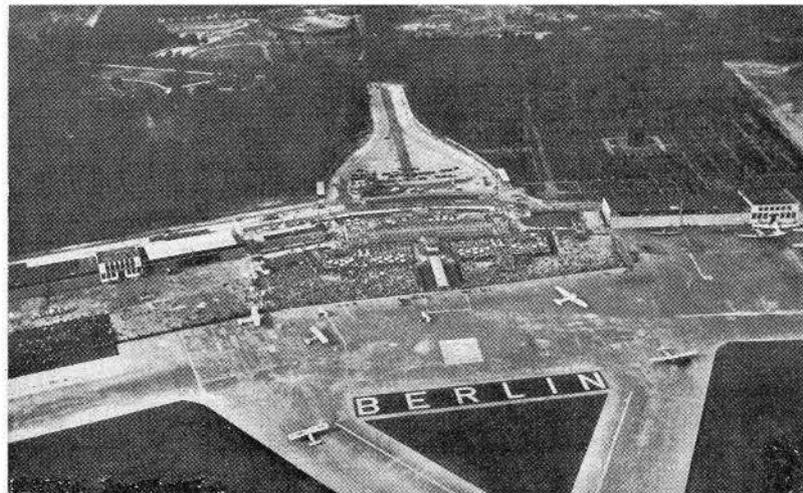


Fig. 4.^a— Aeropuerto de Berlín. Vista, desde 450 m. de altura, de los edificios principales y pistas de llegada.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

zamiento de un aeropuerto son: topográficas, meteorológicas, económicas y estratégicas.

Condiciones topográficas. — La primera condición que hay que examinar es la posición del aeropuerto con relación a las rutas aéreas. Si se trata de rutas de gran distancia, según antes decimos, no importa que el aeropuerto no pueda emplazarse en la proximidad de una ciudad importante; se trata, principalmente de servir la línea aérea y por ello lo que debe buscarse es no desviar su recorrido, aumentando su distancia total; es más, en algunos casos puede ser solución, para servir una ciudad importante que coja bastante separada de la línea principal, en vez de desviar ésta, el establecimiento de una línea secundaria, que sirva para unir al aeropuerto de ruta, con la ciudad. En el caso de líneas de unión de ciudades, el emplazamiento del aeropuerto próximo a los centros de ella es, como veremos, esencial.

Marcas. — Uno de los sistemas de orientación de un piloto en vuelo es la utilización de las marcas de identificación del terreno; el aeropuerto debe identificarse fácilmente desde el aire; para ello, particularidades del emplazamiento son inapreciables: una torre, un montículo característico, un edificio, son utilísimos al piloto como orientación; debe cuidarse de que estas cuestiones, nimias al parecer, pero importantes en la práctica, se tengan, a ser posible, en cuenta al elegir el emplazamiento.

Emplazamiento con relación a la ciudad. — Tiene una importancia grande; primeramente debemos tener en cuenta su distancia al centro de la población; si la distancia del vuelo y el tiempo empleado, por tanto, es grande, la distancia a la parte central de la ciudad puede ser mayor; pero si el tiempo del vuelo es corto, el aeropuerto está muy distante del centro y los medios de comunicación no son muy buenos, puede darse el caso de que sea muy grande el tiempo del recorrido en tierra, con relación al empleado en el aire; corrientemente se admite debe emplazarse el

aeropuerto a distancia no mayor de 10 km. del centro. La distancia en kilómetros al centro de la ciudad de los principales aeropuertos es la siguiente:

CIUDAD	Distancia en Km.
Amsterdam	9,00
Berlín-Tempelhof	3,50
Budapest.	10,00
Búfalo	8,00
Cleveland	13,00
Dresden-Heller.	4,00
Frankfurt-Rebstock	3,50
Hamburgo	8,80
Colonia	6,00
Halle-Leipzig	14,20
Londres-Croydon	14,00
Munich	5,30
París-Le Bourget	12,00
Filadelfia.	8,00
Praga.	8,00
Stuttgart.	16,00
Viena.	10,00
Madrid-Barajas	15,00

La cifra absoluta de distancia no indica claramente la buena o mala posición del aeropuerto con relación a la ciudad; lo esencial es que desde el aeropuerto a la ciudad se invierta poco tiempo, utilizando medios corrientes de transporte; disponiendo el aeropuerto de medios rápidos de comunicación con el centro de la población, es posible que la cifra absoluta de distancia en kilómetros sea mayor; se considera que un aeropuerto está bien situado si el tiempo máximo que se invierte desde el aeropuerto al centro de la población no excede de quince minutos. Tempelhof, en Berlín, es un modelo de aeropuerto bien situado; su distancia al centro de Berlín, Unter der Linden, es de diez minutos; tiene un buen acceso para automóviles y además metropolitano y tranvía. El aeropuerto de Madrid-Barajas está situado a 15 kilómetros de la Puerta del Sol y además sus servicios de comunicaciones son malos; no tiene más acceso que la carretera, sin línea regular ni de autobuses; por otra parte su carretera, por ser general y pasar, a su entrada en Madrid, por la zona de las Ventas, es incapaz del tráfico intenso que debe soportar los días de las grandes aglomeraciones.

Que el aeropuerto disponga de un acceso adecuado, es fundamental; si el terreno elegido no lo tiene, habrá que proyectar, como gasto anejo al aeropuerto, la construcción de una vía de las características adecuadas, no sólo para el tráfico rápido diario, sino también con vistas a las grandes aglomeraciones de los días de fiestas aéreas; si la vía se construye especialmente para el servicio

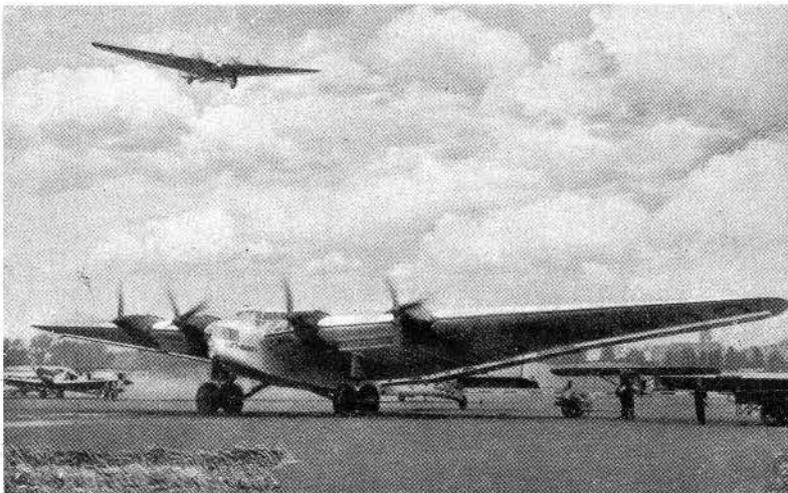
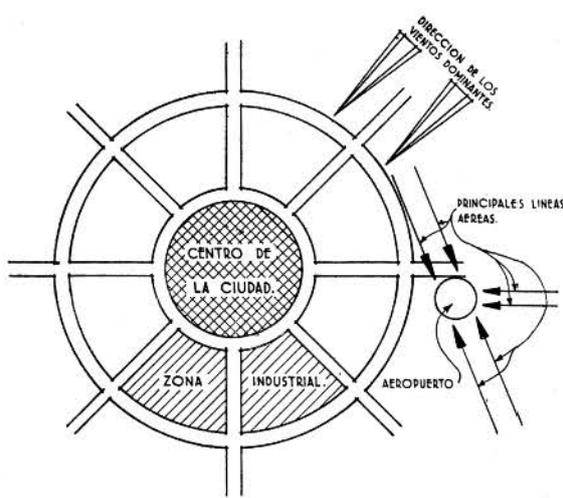


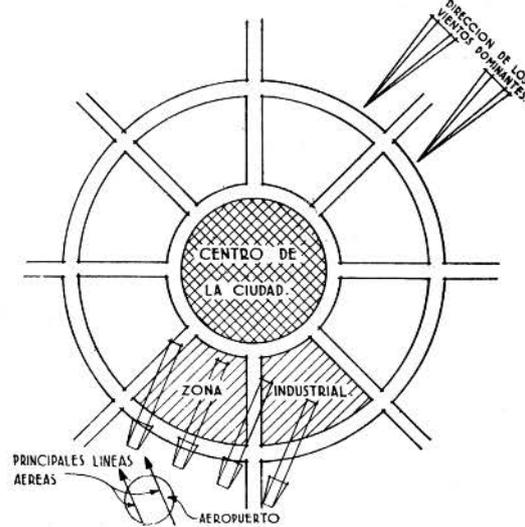
Fig. 5.ª — Un avión de línea regular alemana para grandes recorridos con servicio de restaurante.

del aeropuerto, será conveniente reúna las características de vía parque, con supresión de cruces frecuentes a nivel con otras calles y con una ordenanza de edificación para sus zonas laterales, que evite obstáculos a la circulación y dé a la vía un carácter atractivo.

¿Debe situarse el aeropuerto en la proximidad de una estación de ferrocarril?; tiene, el que lo esté, las ventajas de la facilidad de transbordo y aprovisionamiento; tiene el inconveniente de que el humo que en las proximidades de la estación se produce, pueda res-



1- AEROPUERTO BIEN SITUADO - LAS PRINCIPALES LINEAS DE TRÁFICO NO CRUZAN EL CENTRO DE LA POBLACION - LOS VIENTOS DOMINANTES ARRASTRAN LEJOS DEL AEROPUERTO LOS HUMOS DE LA ZONA INDUSTRIAL



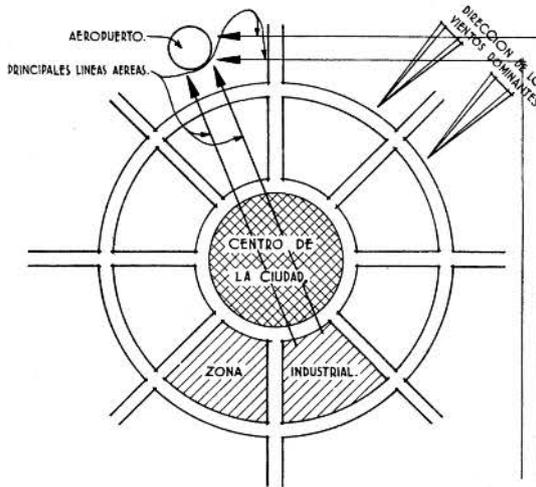
2- MALA POSICION DEL AEROPUERTO.- LOS VIENTOS DOMINANTES ARRASTRAN SOBRE EL AEROPUERTO LOS HUMOS DE LA ZONA INDUSTRIAL

Fig. 6.^a — Posición relativa del aeropuerto y la ciudad.

Es fundamental que el emplazamiento elegido tenga un buen abastecimiento de aguas; el agua es precisa para los servicios propios del aeropuerto, hotel, etcétera...; el problema de las aguas residuarias no tiene importancia; las que en el aeropuerto se producen, no son muy concentradas y se puede, por muy poco dinero, construir una red propia e incluso una pequeña estación depuradora.

Posición del aeropuerto con relación a la ciudad.— Tiene importancia la posición relativa del aeropuerto y la ciudad; en primer lugar las líneas aéreas principales debe evitarse tengan que cruzar la ciudad, para llegar al aeropuerto; las ordenanzas de altura de vuelo sobre las ciudades obligan a un mínimo por encima de zonas edificadas; por ejemplo, los ingleses tienen un mínimo de 3.000 pies (900 m.); si se pasa a una altura superior al mínimo por encima de la ciudad el descender con un ángulo aceptable a un aeropuerto situado inmediatamente al lado de las últimas edificaciones, obligará al aparato a un recorrido suplementario.

Las ciudades producen humos, que arrastrados por el viento, pueden disminuir la visibilidad de los terrenos, de las afueras, especialmente en ciertas épocas; el aeropuerto debe colocarse en posición tal, que esto no suceda y que los vientos dominantes no puedan arrastrar los humos de la ciudad, sobre el aeropuerto; las figuras dan clara idea de cuál debe ser la posición del campo de aterrizaje, teniendo en cuenta las condiciones indicadas.



3- POSICION DEFICIENTE- AEROPUERTO BIEN SITUADO CON RELACION A LA ZONA INDUSTRIAL PERO MAL EMPLAZADO CON RELACION A LA LINEA PRINCIPAL QUE TIENE QUE ATRAVESAR EL CENTRO DE LA CIUDAD O RODEARLO

tar visibilidad al campo; la proximidad a la estación no es por otra parte una ventaja importante desde el punto de vista del transporte a la población, pues excepto los días de fiestas de aviación, el servicio de trenes no suele ser lo suficientemente continuo para que sea útil. En cambio es de indudable utilidad la existencia, como en Berlín, de un ferrocarril metropolitano hasta el mismo aeropuerto, por la rapidez y capacidad de este medio de transporte, que constituye una magnífica unión del aeropuerto y los diferentes puntos de la ciudad.

Con relación a la posición del aeropuerto y las dis-

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

tintas zonas de la ciudad, debe huirse especialmente de colocarlo en la proximidad de zonas industriales, que tienen en primer lugar el gran inconveniente de los humos y además no reúnen condiciones estéticas deseables, ni para los alrededores del aeropuerto, ni para los accesos de éste a la ciudad; en general debe buscarse la proximidad de zonas residenciales que, por cuanto al aeropuerto se refiere, son las más convenientes; hay únicamente que tener en cuenta, con relación al efecto del aeropuerto sobre la zona residencial, que los ruidos de los motores son molestos en una distancia de unos 700 metros del campo. Como el valor de los terrenos de las zonas residenciales, en la periferia

de las ciudades, generalmente no es grande, una solución acertada es adquirir una zona de terreno alrededor del campo propiamente dicho, que puede dedicarse a edificaciones no residenciales, convenientes al aeropuerto como almacenes, talleres, etc., dejando una parte importante, inmediatamente aneja al campo mismo, como jardines o espacios libres de juego, etcétera. . . que puedan permitir, sin gasto importante una ampliación futura del aeropuerto. En este aspecto, como en otros muchos, son excelentes los aeropuertos de Berlín y Hamburgo.

José Luis ESCARIO
Ingeniero de Caminos.

Aeropuertos¹

Tamaño y forma de los aeropuertos.

El tamaño mínimo de un aeropuerto depende del uso a que se destine, pues claro está no precisa las mismas dimensiones un aeropuerto internacional para el servicio de grandes líneas de pasajeros, que un aeropuerto de socorro o destinado simplemente al deporte; en todos los países, y por convenios internacionales, se fijan las dimensiones mínimas para los diferentes usos; hay que tener en cuenta que más importante que las dimensiones es el acondicionamiento general del aeropuerto para las operaciones que en él han de realizarse; simplemente el tamaño no es todo; un aeropuerto de gran tamaño que tenga sobradamente las dimensiones mínimas, puede ser peor que un aeropuerto menor y bien dispuesto.

Las operaciones que los aeroplanos han de realizar en el aeropuerto son las de despegue y aterrizaje, y como complementarias el traslado del aparato rodando por el campo hasta los hangares, talleres o punto de carga y descarga.

Estas operaciones comprenden:

Despegue.

1.º El aeroplano rueda desde el punto de carga hasta el punto de partida.

2.º Partida del aeroplano rodando en tierra hasta alcanzar la velocidad de vuelo y lograr el despegue.

3.º Toma de altura del aparato, desde el momento de despegue hasta alcanzar la normal de vuelo.

Aterrizaje.

4.º Planeo del aparato sobre el campo de aterrizaje hasta el momento de la toma de tierra.

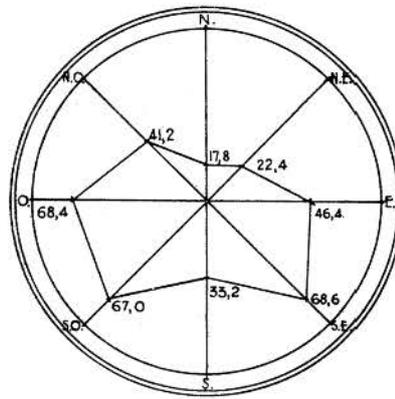
5.º El aparato rueda en el campo hasta perder la velocidad de descenso.

6.º Conducción del aparato hasta su punto de descarga.

7.º Conducción del aparato hasta el hangar o sitio de estacionamiento.

Todas las operaciones indicadas se efectúan o bien sobre el aeropuerto (números 3 y 4), o bien en el campo mismo; las primeras necesitan unas ciertas condiciones de los accesos al campo para que estén libres de obstáculos los ángulos de despegue y aterrizaje.

Las operaciones 2 y 5 precisan unas dimensiones mínimas del campo para que, en direcciones determinadas, en el despegue y aterrizaje, puedan los aparatos rodar las longitudes necesarias, en condiciones de seguridad y confort; hay que tener en cuenta, aunque luego volvamos a insistir sobre este punto, que la



ESTRELLA DE LOS VIENTOS BASADA EN LA ESTADÍSTICA DE 5 AÑOS DE UNA CIUDAD DEL N.-O. DE INGLATERRA.

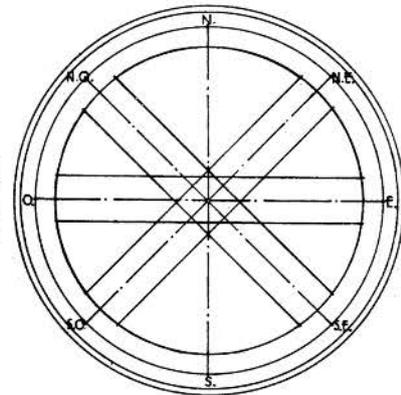
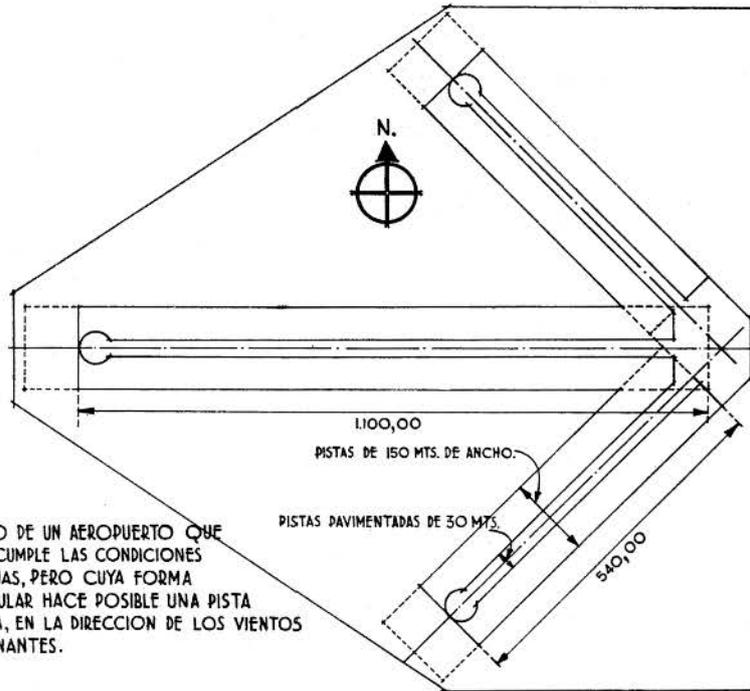


DIAGRAMA DE LAS PISTAS A CONSTRUIR PARA EL DIAGRAMA ANTERIOR.



PLANO DE UN AEROPUERTO QUE NO CUMPLE LAS CONDICIONES MÍNIMAS, PERO CUYA FORMA IRREGULAR HACE POSIBLE UNA PISTA LARGA, EN LA DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS DOMINANTES.

Figura 7.^a

¹ Véase el número anterior, página 127.

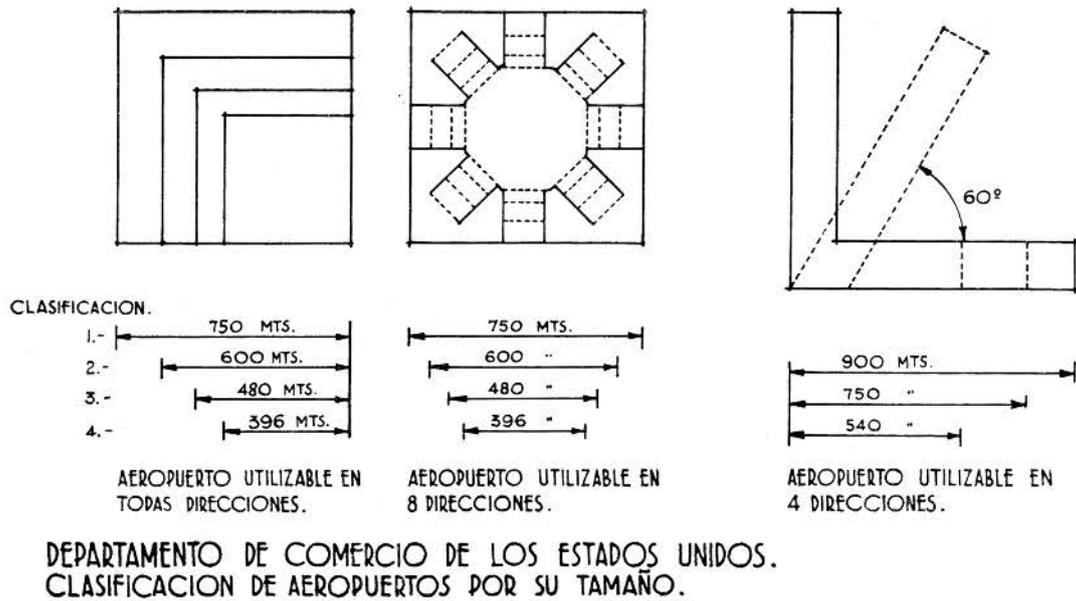


Figura 8.^a

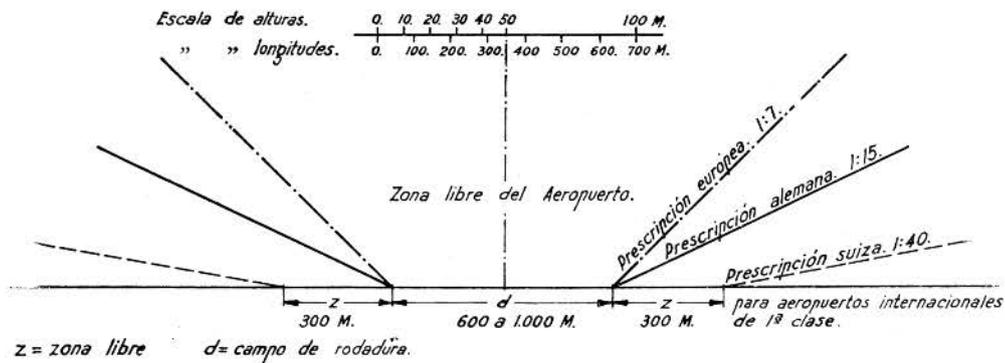
longitud necesaria para alcanzar la velocidad de vuelo (operación 2) depende en gran parte de la naturaleza del terreno; las direcciones en las cuales se verifican las operaciones 2 y 5 coinciden, en sentido contrario, con las del viento; el ideal es, sin duda, un aeropuerto utilizable en todas direcciones, es decir, que exactamente se pueda despegar y aterrizar en contra del viento, cualquiera que sea la dirección de éste, pero si esto no se puede lograr, es evidente debe buscarse el máximo desarrollo del campo, coincidente con la dirección de los vientos dominantes en la localidad; para estudiar en cada caso particular la forma conveniente, debemos, por tanto, empezar por disponer de la estadística de los vientos dominantes en la localidad, formando con ella un gráfico como se indica en la figura 7.^a, que nos dará la forma racional para el aeropuerto, en el caso de que no podamos disponer

de un terreno circular, de las dimensiones mínimas precisas.

Los convenios internacionales señalan, como dimensión mínima, 600 metros en todas direcciones y una zona suplementaria de 100 metros, concéntrica con la anterior, para prever cualquier maniobra falsa, dentro de lo que llamaremos, zona de aterrizaje; la zona suplementaria deberá estar libre de toda obstrucción mayor de 0,90 metros, altura corriente de una cerca de cierre.

Los americanos clasifican los aeropuertos en categorías, de acuerdo con las siguientes dimensiones (figura 8.^a):

- 1.^a categoría, 2.500 pies (750 metros) en todas direcciones.
- 2.^a categoría, 2.000 pies (600 metros) en todas direcciones.



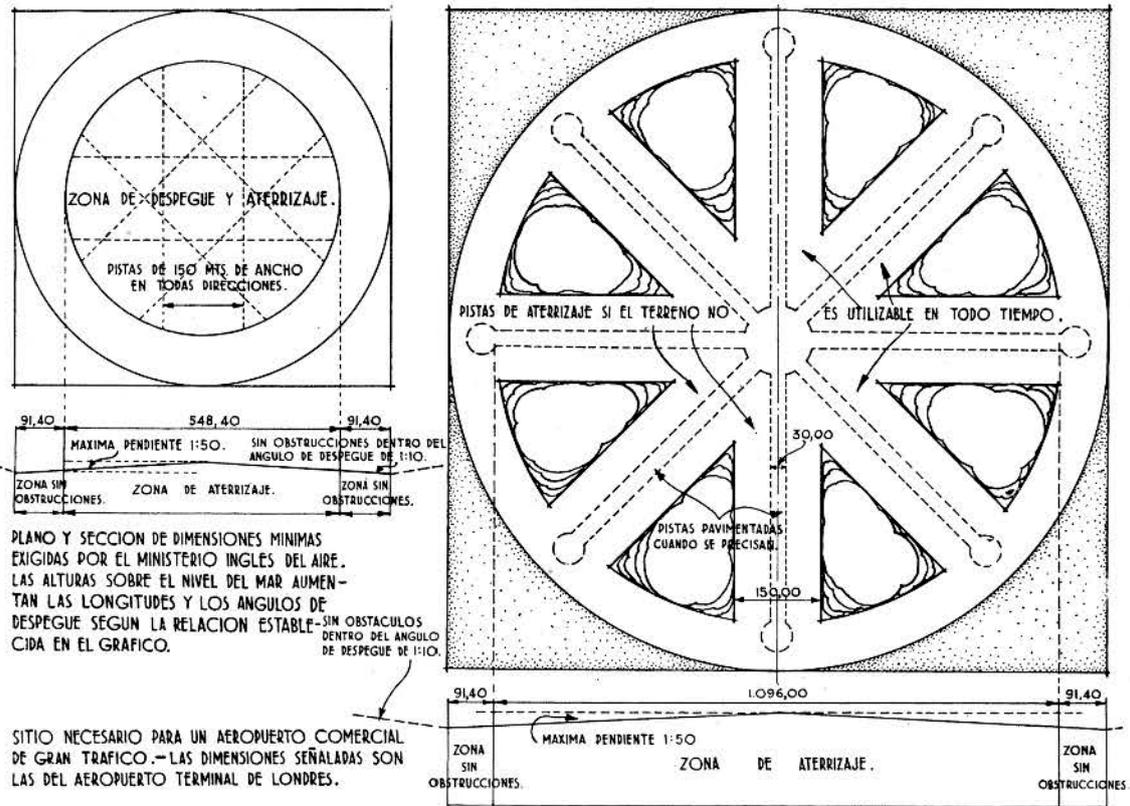
Esquema de la sección transversal de un aeropuerto tipo.

Figura 9.^a

- 3.^a categoría, 1.600 pies (480 metros) en todas direcciones.
- 4.^a categoría, 1.320 pies (396 metros), en todas direcciones.
- 5.^a categoría, aeropuertos que no cumplen las mínimas de la 4.^a categoría, pero que se consideran aceptables para el uso a que se destinan.
- 6.^a categoría, aeropuertos que cumplen los mínimos de alguna de las categorías anteriores, pero que por otras causas no se consideran seguros.

Aeropuertos internacionales y generales de líneas interiores.—2.^a clase.

- a) Despegue. — Zona de despegue, 450 metros en todas direcciones.
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros en todas direcciones.
Pendiente del terreno, 1 : 40.
- b) Aterrizaje. — Zona de aterrizaje, 300 metros en todas direcciones.



NECESIDADES FUNDAMENTALES.—TAMAÑO.—PLANOS COMPARATIVOS EN DOS ESCALAS.

Figura 10.

Cuando los aeropuertos no son utilizables en todas direcciones, la clasificación es la señalada en la figura 8.^a

Los suizos, según prescripción de 24 de abril de 1928, establecen la siguiente clasificación:

Aeropuertos internacionales.—1.^a clase.

- a) Despegue. — Zona de despegue, 600 metros en todas direcciones.
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros en todas direcciones.
Pendiente del terreno, 1 : 40.
- b) Aterrizaje. — Zona de aterrizaje, 40 metros en todas direcciones.
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros en todas direcciones.
El ancho libre, normalmente a la dirección de los vientos dominantes, debe ser 400 metros.

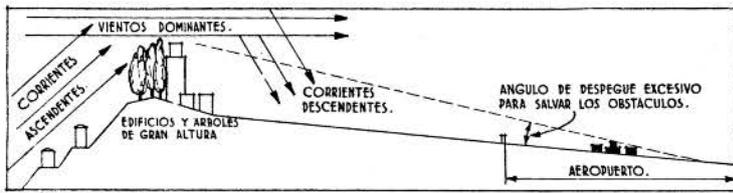
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros en todas direcciones.
Ancho libre normalmente a la dirección de los vientos dominantes, 200 metros.

Escuelas de aviación y campos de deporte.

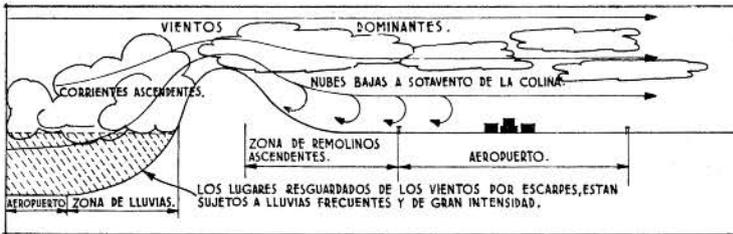
- a) Despegue. — Zona de despegue, 300 metros.
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros.
 - b) Aterrizaje. — Zona de aterrizaje, 200 metros.
Zona suplementaria libre de obstáculos, 300 metros.
- El Ministerio inglés del Aire fija las dimensiones mínimas que se señalan en la figura 10.

Condiciones climatológicas. Alrededores.

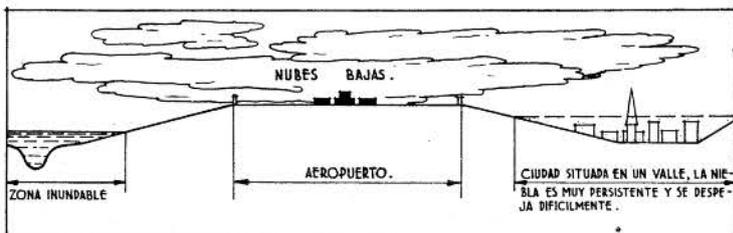
Tienen una gran importancia para la seguridad del aeropuerto; en primer lugar, es necesario estu-



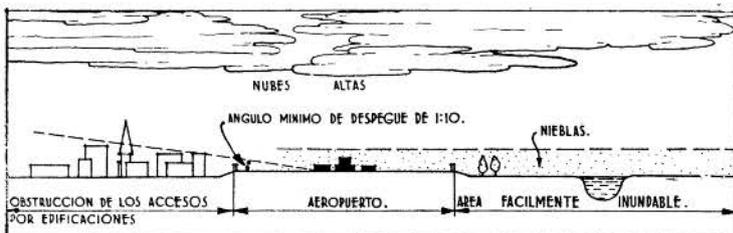
1.- EMPLAZAMIENTO EN RAMPA Y CON OBSTACULOS IMPORTANTES EN LA DIRECCION DE LOS VIENTOS DOMINANTES.



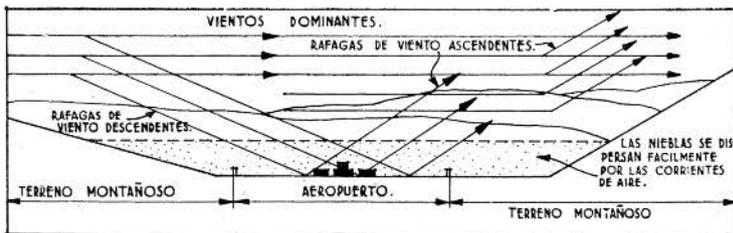
2.-EMPLAZAMIENTO A SOTAVENTO DE UNA COLINA.- UNO DE LOS PEORES POR LAS CORRIENTES A QUE ESTAN SOMETIDOS ESPECIALMENTE PARA EL DESPEGUE.



3.- EMPLAZAMIENTO EN UNA MESETA.- BUENO SI NO ES MUY ELEVADA Y CORRE EL PELIGRO DE QUEDAR OCULTO POR LAS NUBES BAJAS.



4.-EMPLAZAMIENTO EN LLANURAS.- EDIFICIOS BAJOS OBSTRUYEN LOS ACCESOS.- PELIGRO DE INUNDACIONES Y NIEBLAS.



5.-EMPLAZAMIENTO EN VALLES ESTRECHOS; SUJETOS A PERTURBACIONES POR LAS CORRIENTES DE AIRE LOS DIAS DE VIENTO; NIEBLAS FRECUENTES POR LA MAÑANA.

Figura 11.

diar muy cuidadosamente las perturbaciones que puedan originarse en las corrientes de aire; cualquier alteración en el régimen de sustentación del aeroplano puede ser muy peligrosa cuando el aparato está sobre el aeropuerto, pues hay que tener en cuenta que en el vuelo el peligro es mucho mayor a poca altura, como forzosamente sucede en nuestro caso; lo que los aviadores llaman "baches", diferencias de densidad, o alteración brusca del régimen de corrientes que hacen cambiar de un modo instantáneo las condiciones de sustentación de un aparato, originando un rápido descenso, no tienen importancia en el vuelo de altura, pero a poca distancia del suelo, en un aterrizaje, pueden ser fatales; la figura 11 claramente da idea de emplazamientos de los cuales debe huirse por estas causas.

Otro factor, de importancia transcendental en la elección del emplazamiento, son las nieblas: la falta de visualidad es uno de los peligros más graves que puede correr un piloto; no son convenientes por esta causa los emplazamientos junto a ríos, en valles que fácilmente pueden verse invadidos por las nieblas, especialmente por la mañana y la noche; este mismo inconveniente lo encontramos en emplazamientos altos, que pueden ser invadidos por nubes bajas.

Los alrededores del aeropuerto deben tenerse cuidadosamente en cuenta; no sólo es necesario exista la zona libre que hemos indicado al hablar de las dimensiones, sino que es preciso también que en los alrededores del aeropuerto no haya obstáculos naturales o artificiales, que puedan caer dentro del ángulo de despegue; las figuras evitan toda explicación sobre este extremo, poniendo de manifiesto la pérdida de capacidad efectiva del campo de rodadura que producen obstáculos colocados fuera de él (figura 12).

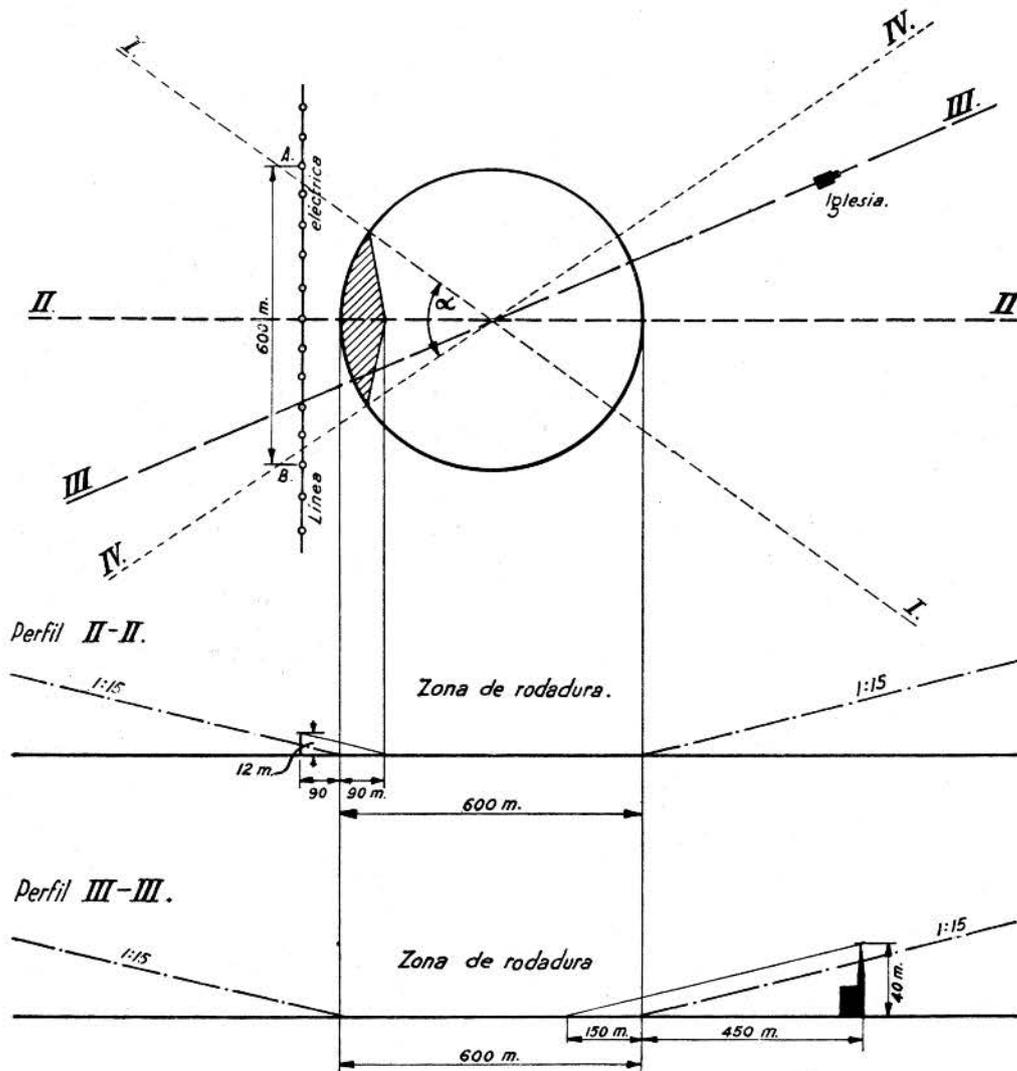
La intensidad de los vientos reinantes en el emplazamiento elegido es importante: deben evitarse sitios de gran calma, e igualmente aquellos que estén expuestos a vientos de gran intensidad; hay que tener en cuenta que los vientos fuertes no son peligrosos para los aparatos en vuelo, pero sí lo son, en cambio, para los aparatos en tierra; un viento fuerte puede llegar a volcarlos, y desde luego hace difícil y peligroso el manejo de los grandes aparatos; cuando en el emplazamiento elegido existe el peligro de vientos muy fuertes — en Croydon (Londres) se han llegado a registrar velocidades de más de 90 km. por hora —, hay que pensar en disponer las pistas de estacionamiento a cubierto de ellos, utilizando los espacios

resultantes a sotavento de los hangares. Las lluvias, en sí, no tienen importancia; pero el suelo puede resultar inutilizable al encharcarse y reblandecerse si no se dispone un drenaje adecuado; volveremos después a insistir sobre este punto, al tratar de la naturaleza del suelo. Por esta misma razón hay que procurar elegir el emplazamiento en sitio que no esté expuesto a inundaciones, no solamente por la acción mecánica, digámoslo así, del agua, sino también por el peligro de que el terreno se convierta en pantanoso y pierda las condiciones precisas, en ciertas épocas, para las operaciones de despegue y aterrizaje.

Naturaleza del suelo.

Hay que tener siempre presente que el aeropuerto tiene que ser utilizable *en todo tiempo*; el suelo

debe reunir las condiciones precisas de resistencia y uniformidad para permitir que, las operaciones que en él se han de realizar, se verifiquen con las debidas garantías de seguridad y comodidad. Un suelo blando y desigual hace más largo y molesto el despegue, según ya hemos visto; por otra parte, el aterrizaje en un campo blando y encharcado es expuesto al capotaje, pues las ruedas del tren de aterrizaje se encuentran frenadas violentamente al tocar el suelo, y es muy fácil que el aparato capote, o sea dé la vuelta de campana; el terreno debe tener la debida consistencia y evacuar fácilmente, y de un modo eficaz, el agua que a él llegue, por medio de un sistema convenientemente estudiado de drenaje superficial o profundo, como luego veremos. El aeropuerto de Madrid-Barajas, por ejemplo, no cumple estos requisitos, y en épocas de lluvias importantes



Influencia de los obstáculos situados fuera del aeropuerto, en la zona interior utilizable. - La línea eléctrica en el perfil II y la iglesia en el III, hacen perder 90 y 150 mts. respectivamente, de superficie de rodadura.

Figura 12.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

no es adecuado para el aterrizaje de aparatos grandes, grave inconveniente que, mientras no se haga desaparecer, lo hace inapropiado para un tráfico regular importante. Los suelos más recomendables son los de arena y grava; las margas, con un drenaje bien dispuesto, son aceptables; deben evitarse los suelos de arcilla de difícil drenaje. La superficie debe ser lisa; para recubrimiento superficial es muy recomendable el césped en aquellos lugares donde el clima no lo haga excesivamente costoso de conservación; las condiciones del suelo, cuando no existen naturalmente, es preciso lograrlas por medio de obras de drenaje y pavimentación, pero como unas u otras resultan de costo elevado, es preciso agotar las posibilidades de encontrarlas, por lo menos en su mayor parte, de un modo natural.

Condiciones económicas.

La adquisición de terrenos para aeropuertos públicos puede hacerse considerándolos incluidos dentro del plan regional o de urbanización, como se hace con otros espacios libres. Incluidos dentro del plan de urbanización, es posible disponer de una ordenanza de zonas que evite en sus alrededores una edificación que pueda ser perjudicial para los usos del aeropuerto; esto es fundamental, porque nada conseguiríamos con el cumplimiento de todos los requisitos de emplazamiento en relación a la ciudad, si las condiciones pudieran alterarse por una edificación posterior.

José Luis ESCARTO
Ingeniero de Caminos.

Aeropuertos¹

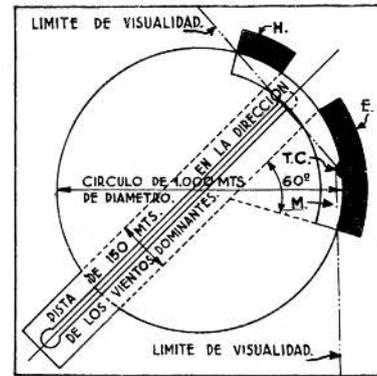
Proyecto de un aeropuerto.

Hemos visto las condiciones generales que debe cumplir un aeropuerto; es raro encontrar uno que las reúna todas y que sólo necesite colocar los edificios en el sitio más conveniente; de las condiciones que hemos visto eran precisas, las hay: a) no modificables artificialmente para un emplazamiento determinado, como son las climatológicas e influencia de la ciudad, y b) modificables por obras, como son la naturaleza del terreno, nivelación, ausencia de obstáculos, etc. Las primeras nos llevarán a establecer el aeropuerto en un terreno prácticamente fijo, el cual será muy difícil reúna las condiciones b) de naturaleza y calidad del terreno, nivelación y ausencia de obstáculos; la naturaleza del suelo la cambiaremos, si es preciso, por medio de un buen sistema de drenaje, se harán desaparecer los obstáculos y se construirán pistas artificiales, o bien un firme general de rodadura, para lograr la consistencia precisa. Tendremos, además, que dotar al aeropuerto de edificios para viajeros y mercancías, iluminación, señales, hangares, talleres y almacenes, de todos los servicios, en fin, que precisa un tráfico de la intensidad del que soportan los grandes aeropuertos, como Hamburgo, Berlín o Londres. Claro que el problema no es el mismo para un aeropuerto terminal del tipo de los que hemos citado, que en el caso de que se trate de un aeropuerto de interés local o de uno auxiliar; tendremos, por tanto, que determinar primeramente cuál es el servicio que ha de desempeñar el aeropuerto; éstos, en general, pueden ser:

- 1.º Aeropuertos internacionales, de servicio regular de grandes líneas aéreas, en los cuales es necesario existan aduanas, hotel, oficinas de turismo, correspondencia con ferrocarriles, hangares y talleres de importancia suficiente para el número y el tamaño de los aparatos a servir.
- 2.º Aeropuertos municipales, como existen para el servicio de gran número de ciudades americanas y alemanas; el tráfico que deben soportar es local y mucho menos importante, y ello permite suprimir varios servicios, como el de aduanas, por ejemplo, y reducir el tamaño de los demás por la menor intensidad del tráfico.
- 3.º Aeropuertos de ruta o aeropuertos intermedios en grandes recorridos, dedicados especialmente a surtir de gasolina a los aviones, en los cuales se puede prescindir de la mayoría de los servicios anejos, reduciendo a un mínimo hangares y talleres.
- 4.º Aeropuertos de socorro, que deben tener únicamente iluminación nocturna, indicadores de vientos y teléfono, para avisar en caso de una avería, y
- 5.º Aeropuertos privados, para la enseñanza o deporte, servicio de casas constructoras, etc.

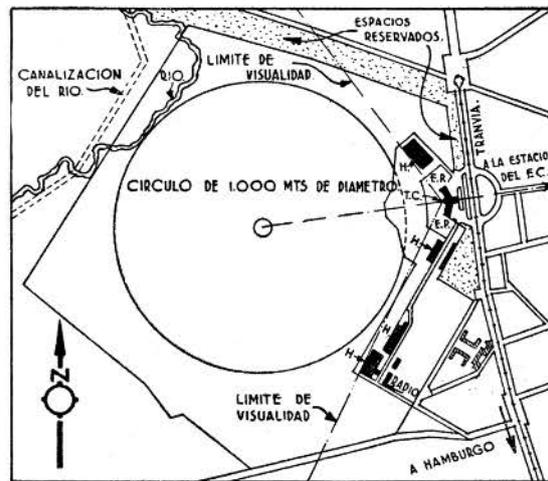
Para un tipo de aeropuerto es necesario fijar la densidad de tráfico, para el cual se han de proyectar, no sólo sus pistas, sino los servicios anejos de hangares, talleres, hotel, etc...; determinar la cifra del

tráfico probable es, en todo caso, muy difícil, máxime en nuestro país donde la aviación comercial puede decirse está en sus comienzos; no es conveniente quedarse cortos en las hipótesis y, al mismo tiempo, no es posible, económicamente, construir aeropuertos de capacidad muy superior a la que corresponde al tráfico del momento. La solución está en proyectar el



H. = HANGAR.
M. = MUELLE.
T.C. = TORRE DE CONTROL.
E. = ESTACION.
E.P. = ESPACIO RESERVADO AL PUBLICO.

1: PLANO TEORICO PARA UN AEROPUERTO UTILIZABLE EN TODAS DIRECCIONES.- LOS EDIFICIOS VAN SITUADOS ALREDEDOR DEL CIRCULO DE ATERRIZAJE.



APLICACION DE LA DISTRIBUCION Nº1 AL AEROPUERTO Nº HAMBURGO.

¹ Véase el número anterior, pág. 145.

Figura 13.

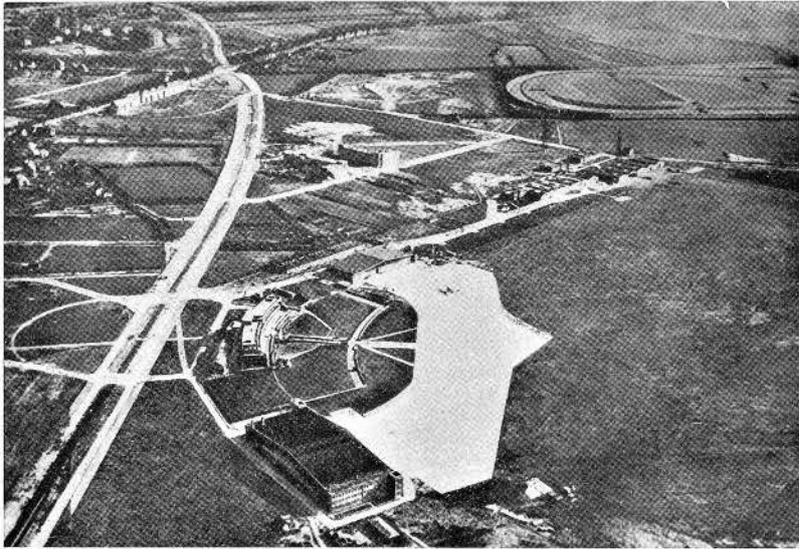


Fig. 14. — Aeropuerto de Hamburgo. Vista general.

aeropuerto con toda amplitud, con las hipótesis más ambiciosas y construir de momento sólo aquello que sea preciso, pero dejando todo dispuesto para que las ampliaciones se vayan haciendo sin trastorno, ni gasto suplementario; para esto es necesario, no sólo el plan de conjunto de los servicios, sino también disponer del terreno preciso para las sucesivas ampliaciones; esto puede lograrse haciendo la adquisición de la totalidad del terreno y arrendando lo que inmediatamente no se utilice, para usos que no resulte costoso desaparezcan en el momento en que sea preciso utilizarlo; también puede ser una solución la adquisición de opciones para el terreno que no se compre inmediatamente, en forma análoga a como

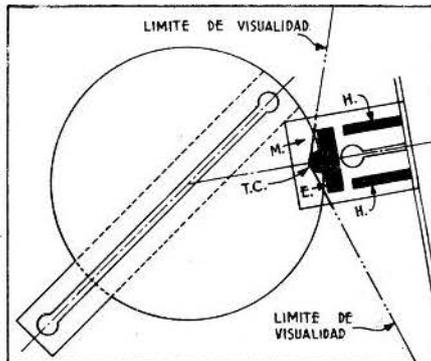
se desarrolla la política de adquisición de terrenos para parques, especialmente en los Estados Unidos e Inglaterra.

Naturaleza y preparación del terreno.

La naturaleza del terreno tiene importancia muy grande en las operaciones de despegue y aterrizaje; la disminución de velocidad que produce un terreno desigual y húmedo obliga a una mayor longitud de rodadura del aparato antes de alcanzar la velocidad necesaria para el despegue e incluso puede impedir que, so pena de forzar la potencia, llegue a alcanzarse; por otra parte, una superficie excesivamente lisa puede hacer, en tiempo húmedo, difícil el manejo del aparato.

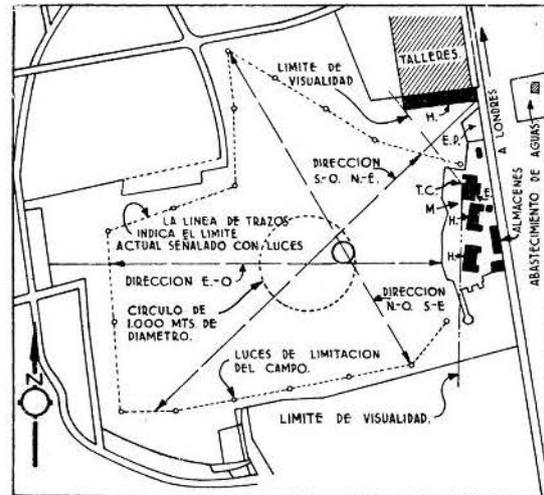
Si 100 es la eficacia de un tarmacadán, un firme de césped seco y con hierba bien cortada será 60 y la misma superficie mojada 40; estas cifras quieren decir que un aeroplano, en idénticas condiciones, necesitará longitudes de despegue inversamente proporcionales a ellas; las cifras anteriores demuestran de un modo experimental la influencia de la naturaleza del terreno en la superficie necesaria para el aeropuerto.

La desigualdad del terreno no solamente es causa de un aumento de resistencia, que se traduce en la necesidad de un mayor esfuerzo de tracción, según acabamos de ver, sino que, además, un terreno desigual es desagradable para los viajeros; hay que tener en



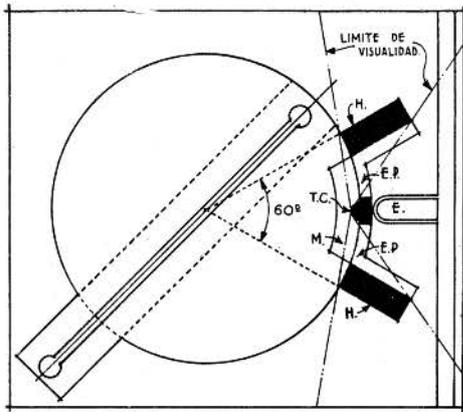
H = HANGAR.
M = MUELLE.
T.C. = TORRE DE CONTROL
E = ESTACION
E.R. = ESPACIO RESERVADO AL PUBLICO

2-TIPO TEORICO DE AEROPUERTO UTILIZABLE EN TODAS DIRECCIONES.—LOS EDIFICIOS FORMAN UN BLOQUE CON PEQUEÑO FRENTE AL AREA DE ATERRIJAJE.

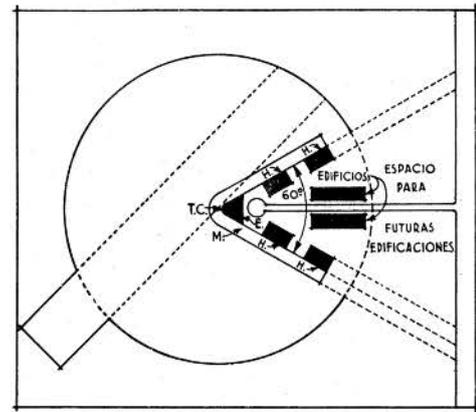


APLICACION DE LA DISTRIBUCION Nº2. AL AEROPUERTO DE CROYDON (LONDRES).— CONVIENE FIJARSE EN LA FORMA IRREGULAR.

Figura 15.



3.-DISPOSICION TEORICA DE AEROPUERTO UTILIZABLE EN TODAS DIRECCIONES.- LOS EDIFICIOS SE SITUAN EN FORMA ANGULAR FUERA DEL CAMPO DE ATERRIZAJE.



4.-EJEMPLO TEORICO DE LA DISPOSICION DUVAL. LOS EDIFICIOS SE DISPONEN DENTRO DE UN ANGULO DE 60° CON VERTICE EN EL CENTRO DEL CIRCULO DE ATERRIZAJE.- SU EMPLAZAMIENTO RESPETANDO LA DIRECCION DE LOS VIENTOS DOMINANTES.

Figura 16.

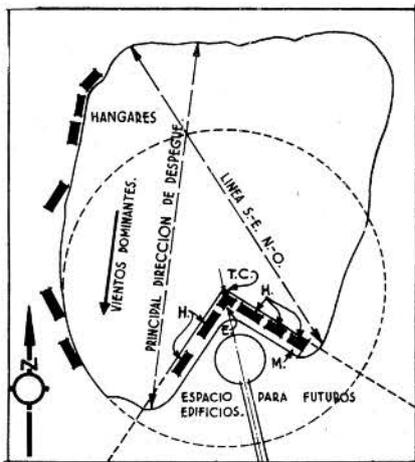
cuenta que los aeroplanos tienen que rodar a grandes velocidades, tanto en el despegue como en el aterrizaje y que las desigualdades del firme causan una vibración molesta del aparato; un ensayo experimental, de igualdad del terreno a utilizar, consiste en hacer rodar sobre él, un pequeño automóvil a una velocidad de unos 60 km. por hora; el terreno será aceptable, si esto puede hacerse sin molestia grande.

Otro factor importante con relación a la naturaleza del terreno es su resistencia; los grandes aparatos de viajeros llegan a pesar, cargados, hasta 15 toneladas, y este peso, transmitido prácticamente por las dos ruedas delanteras al terreno y teniendo en cuenta la acción del impacto, llega a originar cargas por centímetro cuadrado de 2 a 3 kg.; es necesario que el terreno soporte estas cargas, sin deformación apreciable y con un exceso de resistencia, que nos ponga a

cubierto de los aumentos que, en un porvenir próximo, tal vez puedan originarse por el incremento de peso de los aparatos. Los ingleses efectúan un ensayo experimental, consistente en hacer rodar lentamente por el terreno un camión cargado de 4 toneladas, que no debe tener tendencia a hundirse, si aquél es capaz de soportar, en condiciones de seguridad, las cargas de los grandes aparatos actuales.

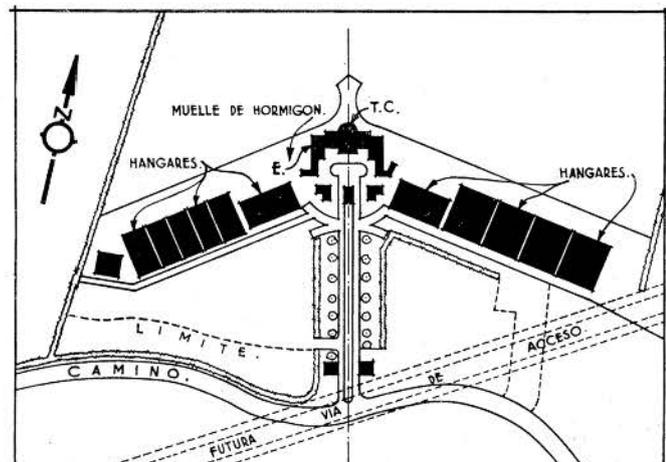
El terreno no debe estar formado por materiales sueltos, como arena, tierra suelta, etc., que puedan producir polvo, pues las hélices de los aparatos lo levantarán en gran cantidad, y esto es, no sólo una molestia para los viajeros, sino que puede llegar a ser un peligro para los motores, en los cuales puede introducirse, causando un desgaste excesivo en sus piezas móviles y cojinetes.

En este aspecto de la resistencia y condiciones del



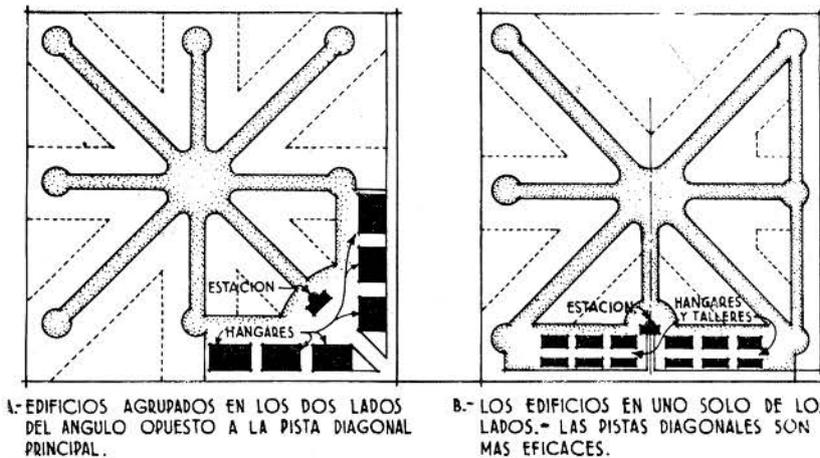
APLICACION DE LA DISPOSICION "DUVAL" AL AEROPUERTO DE LYON.

H. = HANGAR.
M. = MUELLE
T.C. = TORRE DE CONTROL.
E. = ESTACION.
E.P. = ESPACIO RESERVADO AL PUBLICO.



DISPOSICION DE LOS EDIFICIOS DEL AEROPUERTO DE HESTON (LONDRES) CON ARREGLO AL PRINCIPIO "DUVAL".

Figura 17.



OCHO PISTAS DISPUESTAS EN "UNION JACK".

Figura 18.

terreno, hay que tener en cuenta el tamaño del aeropuerto y la intensidad del tráfico que ha de soportar; el terreno tendrá que ser más consistente según sea más intenso el tráfico, pues la intensidad influye de un modo decisivo en la elección del firme recomendable; cuando el tráfico no es muy intenso y el clima es adecuado, un firme de césped da excelente resultado, disponiendo el drenaje preciso para que un grado de humedad excesivo no pueda ser perjudicial para la resistencia; cuando ha de resistir un tráfico de gran intensidad, las pistas de muelle de llegada, estacionamiento de aparatos, despegue y aterrizaje en las direcciones principales, se construyen de firmes de mayor resistencia, tarmacadán, hormigón, etc. . . ; se refuerza así, aquella zona que ha de tener una mayor intensidad de tráfico, ante la imposibilidad económica de construir un firme de alta resistencia para la totalidad del campo; estas pistas son del ancho suficiente para permitir la maniobra de uno a más aparatos en la dirección de los vientos dominantes; el trazado de estas pistas tiene una gran importancia técnica y económica.

Al principio, la consideración de los vientos dominantes servía de guía única para su trazado, que se desarrollaban en una forma irregular, con complicadas intersecciones en el centro. Posteriormente, un estudio más científico de la cuestión, especialmente en los Estados Unidos, ha llevado a soluciones más perfectas, desde el punto de vista práctico y económico. El problema que se plantea consiste en determinar qué superficie es preciso pavimentar para obtener la máxima eficacia, con el menor coste de establecimiento y conservación; la solución depende de las condiciones meteorológicas y topográficas que antes hemos estudiado. Evidentemente, la solución ideal sería un círculo de la mínima dimensión, con firme utilizable en todas direcciones y que tuviera, en la de los vientos dominantes, una pista debidamente acondicionada; un ejemplo de

esta disposición es la adoptada en el aeropuerto de Capetow (Australia).

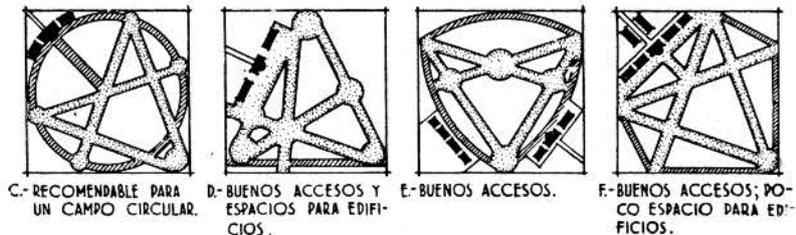
Disposición de los edificios propios del aeropuerto.

En la dirección de las pistas no deben existir obstáculos, puesto que lo son de máxima utilización. Hemos visto que, además de la zona utilizable por los aviones, es preciso, en una concéntrica con ella, tener una ordenanza de edificación, que evite se levanten edificaciones u otras estructuras que puedan ser un obstáculo para las operaciones de aterrizaje o despegue. Cuantos edificios se levanten dentro de estas zonas, deben ajustarse a las restricciones

de altura, que por su distancia a la zona de aterrizaje les corresponda, y su emplazamiento debe estar coordinado con el trazado que tengan las pistas.

La solución más corriente es colocar los edificios en la periferia de la zona de aterrizaje, ocupando un sector del círculo teórico, según puede verse en la figura 13; en esta disposición teórica se han colocado los edificios principales en un sector de 60° a uno de los lados de la pista, dispuesta en la dirección de los vientos dominantes, que tiene un ancho de 150 metros; al otro lado de la pista puede disponerse también algún edificio, siempre que quede libre entre ellos el ancho correspondiente, como se ha hecho en la figura 13; la obstrucción que los edificios representan, está colocada en un sector de mínima utilización; ejemplo de esta disposición es el aeropuerto de Hamburgo, cuyo plano puede verse en la figura 13 y una vista del mismo en la fotografía (fig. 14).

Otra disposición consiste en agrupar, concentrándolos, los edificios del aeropuerto en una zona exterior al círculo del mismo, en forma similar a la figura 15; tiene esta disposición la ventaja de que se obstruye una mínima longitud del segmento de círculo; tiene el inconveniente de que los aparatos deben necesariamente de rodar un trecho importante para ir a los hangares, y además, y este es el inconveniente más importante, la torre de mando está mal colocada,



CAMPOS DE 8 PISTAS CORRIENTEMENTE EMPLEADAS EN E.E.UU.- LAS PARTES PUNTEADAS CORRESPONDEN A LAS PISTAS DE AVIONES Y LAS RAYADAS A LOS CAMINOS PARA AUTOMOVILES.- EL COSTO DE AFIRMADO DE PISTAS SE REDUCE POR LAS PARTES COMUNES.

Figura 19.

pues si bien domina todo el campo, según puede verse en la figura 15, no ocurre lo mismo con los hangares, y el oficial encargado de la dirección del aeropuerto no puede inspeccionar debidamente el movimiento de los aparatos que salen de éstos y que pueden interferir, entrando inopinadamente al campo, alguna de las operaciones de vuelo.

Para evitar este inconveniente, se pueden llevar los hangares dentro de la línea de inspección de la torre, disponiéndolos según los radios del círculo de aterrizaje, dando lugar esta disposición a la figura 16.

Con esta disposición hay un sector de terreno desaprovechado para los efectos de vuelo que se trata de utilizar en la disposición "Duval", en la forma que en la figura se indica;

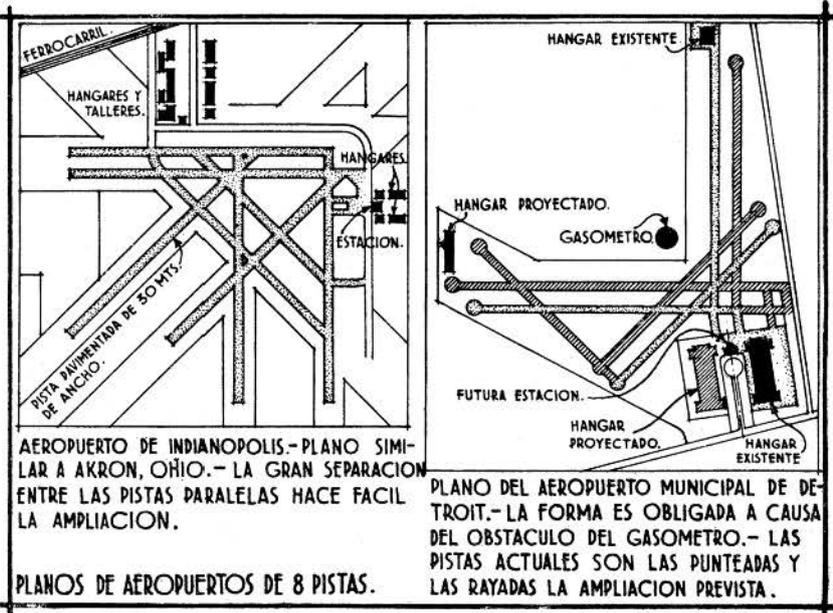


Figura 20.

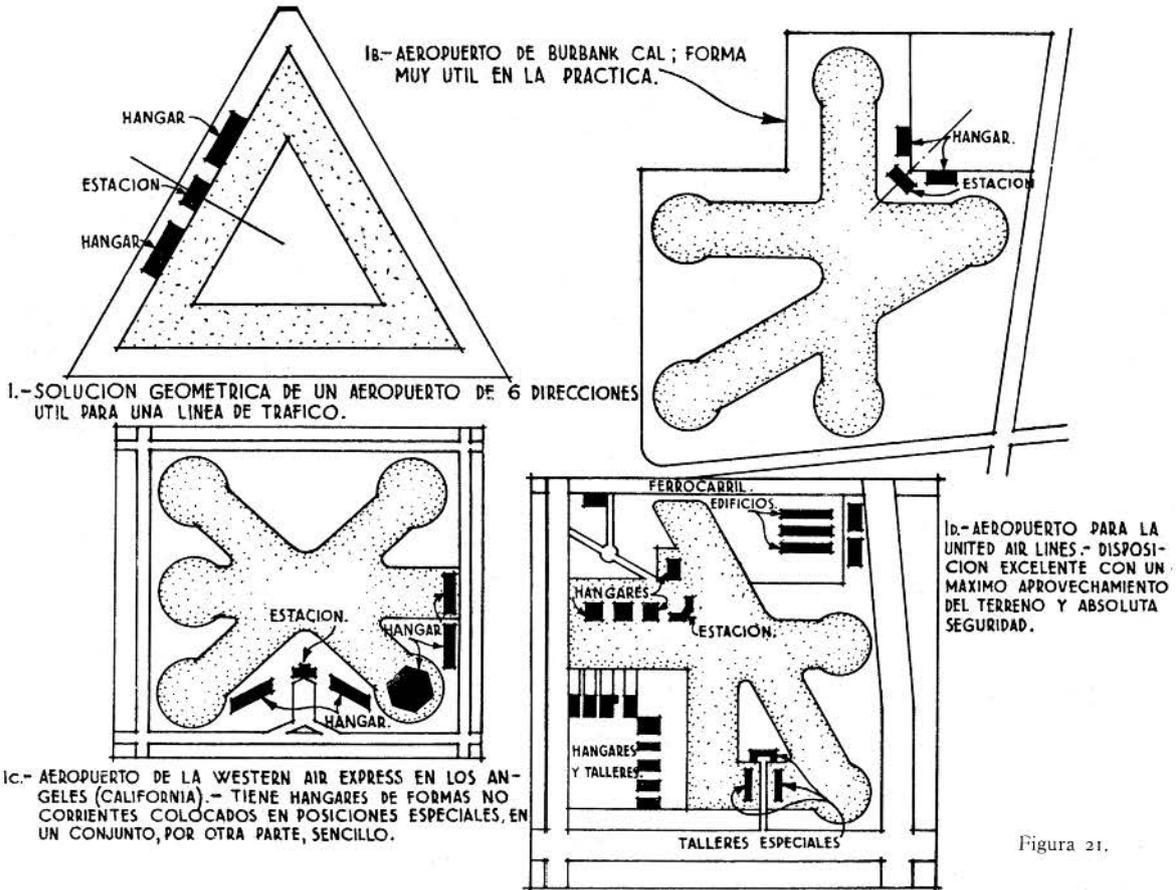
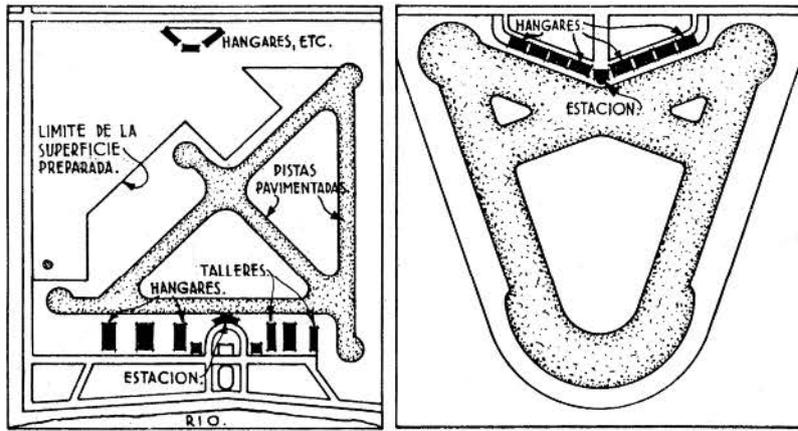


Figura 21.

TIPOS DE AEROPUERTOS AMERICANOS UTILIZABLES EN 6 DIRECCIONES.



ESQUEMA DEL AEROPUERTO DE NEBRASKAN.

ESQUEMA DEL AEROPUERTO DE NUEVA ORLEANS.

Figura 22.

ejemplo de estas disposiciones son los aeropuertos de Lyon-Bron y Londres-Heston (fig. 17).

En el caso de aeropuertos rectangulares, los edificios pueden disponerse en la forma que se indica en la figura 18, dejando libres las pistas correspondientes a las direcciones de los vientos dominantes.

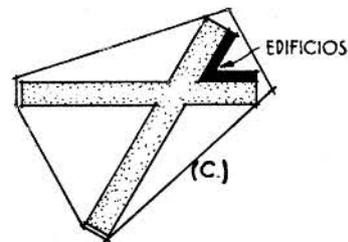
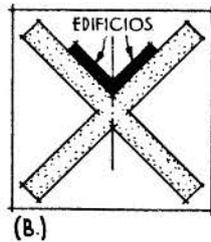
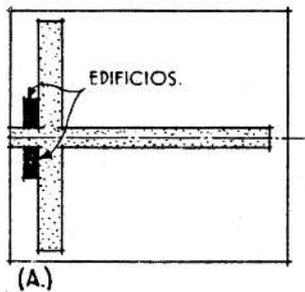
Como resumen de todo lo expuesto, se deduce que los edificios propios del aeropuerto deben disponerse en foma tal, que no obstruyan las direcciones de vientos dominantes. Una alineación continua de edificios constituye un obstáculo continuo al vuelo; cuando las condiciones locales nos obliguen a colocar los edificios en línea, debemos separarlos de trecho en trecho, dejando espacios libres en puntos convenientes, teniendo en cuenta la dirección de los vientos dominantes, espacios que los ingleses denominan *flight ways* o *flyng gaps* de 200 a 300 m. de ancho, que permitan, en caso necesario, utilizar direcciones del campo que corten a la línea de edificación.

Es preciso, al proyectar la distribución de espacios de un aeropuerto, reservar una zona para el público, que suele acudir en gran número los días de fiestas aéreas; las zonas reservadas al público deben estar colocadas en forma tal, que tengan la mayor visibilidad posible sobre el campo, procurando no

estén orientadas en la dirección de los vientos principales y que no sea preciso ver el vuelo de los aparatos contra el sol; en general, el lado Este del aeropuerto es uno de los más indicados, pues el público puede ver los aparatos de frente al sol de Poniente. En los grandes aeropuertos es preciso reservar zonas próximas para el establecimiento de industrias, teniendo en este caso cuidado de que, aunque colocadas fuera de la zona del campo, no puedan ser un obstáculo que caiga, según ya hemos dicho, dentro de los ángulos de despegue.

Pistas.

Si el firme del campo es capaz de soportar el tráfico al que ha de estar sometido, tendremos un aeropuerto utilizable en cualquier momento en todas direcciones, pero si esto no sucede y tenemos que construir un firme, no podremos, económicamente, establecerle en todo el campo, y habremos de construir las pistas artificiales solamente en aquellas direcciones de máxima utilización o si queremos que el aeropuerto sea utilizable en todas direcciones, buscando, para reducir el coste, el máximo ángulo posible entre las direcciones de los vientos dominantes y el despegue; este máximo ángulo es de $22 \frac{1}{2}$ grados; si queremos construir un aeropuerto utilizable en todas direcciones, deberíamos construir las pistas formando ángulos de 45 grados, dando lugar a lo que se denomina "Unión Jack" (fig. 18); en los aeropuertos de este tipo, de planta cuadrada, con las pistas trazadas según las diagonales y medianas, los edificios tienen que disponerse en uno o dos de los lados del cuadrado, según puede verse en la figura 18 tienen el inconveniente de que los aparatos desde el extremo de una pista, que no termina en los edificios, deben hacer un excesivo recorrido para ir hasta los muelles de llegada; para evitar este inconveniente, se disponen las ocho pistas en formas distintas, como puede verse en las figuras 19 y 20, lográndose campos de condiciones



TIPOS DE AEROPUERTOS DE 4 DIRECCIONES.

(D)-ESTE TIPO SE USA CORRIENTEMENTE EN LOS ESTADOS UNIDOS PARA CAMPOS DE SOCORRO.

Figura 23.

más económicas que la "Unión Jack"; en muchas ocasiones, no es preciso disponer las pistas en ocho direcciones y se construyen aeropuertos de 2, 4 y 6 pistas, siendo corrientes en estos casos las disposiciones que se indican en las figuras 21, 22 y 23; el examen de éstas, más que nada, puede dar idea de sus ventajas e inconvenientes; el tanto por ciento de la frecuencia de los vientos en las direcciones dominantes y la naturaleza del terreno, determinarán la necesidad lógica del número de pistas, al considerar la posibilidad de utilizar en los días en que no reinen los vientos dominantes, el terreno natural del aeropuerto.

Aparte de las pistas de despegue y aterrizaje, es necesario proyectar las pistas de estacionamiento de aparatos y los muelles de viajeros y mercancías; unas y otros deben estar unidos con los hangares, las pistas de despegue y aterrizaje, puesto que el aparato debe ir del hangar a la pista de estacionamiento, de ésta al muelle de viajeros y de aquí a la pista de despegue; las dimensiones de estas pistas dependen



Fig. 24. — Aeropuerto de Hamburgo. Muelles de llegada.

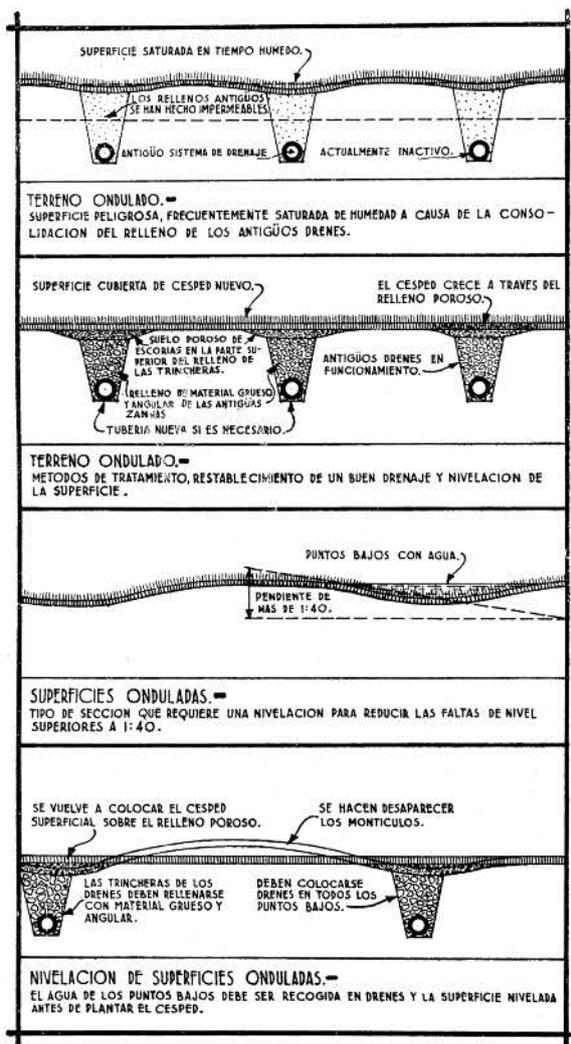
del número de aparatos que deban servir; las pistas y muelle de viajeros pueden estar unidas con los edificios destinados al servicio de éstos por pasos cubiertos, como sucede, por ejemplo, en el aeropuerto de Berlín (Tempelhoff).

José LUIS ESCARIO,
Ingeniero de Caminos.

Aeropuertos¹

Preparación del suelo.— Las operaciones que, para preparar el firme de un aeropuerto hay que verificar son de dos clases: *a)* Nivelación y drenaje, y *b)* construcción del firme. La nivelación y drenaje hay que realizarla en mayor o menor escala en todos los emplazamientos; la construcción de un firme especial, únicamente cuando el terreno natural sea incapaz de soportar el tráfico a que ha de estar sometido.

Nivelación y drenaje.— Comprende las siguientes operaciones: *a)* desmonte de obstáculos; *b)* nivelación; *c)* acondicionamiento del suelo, y *d)* drenaje.



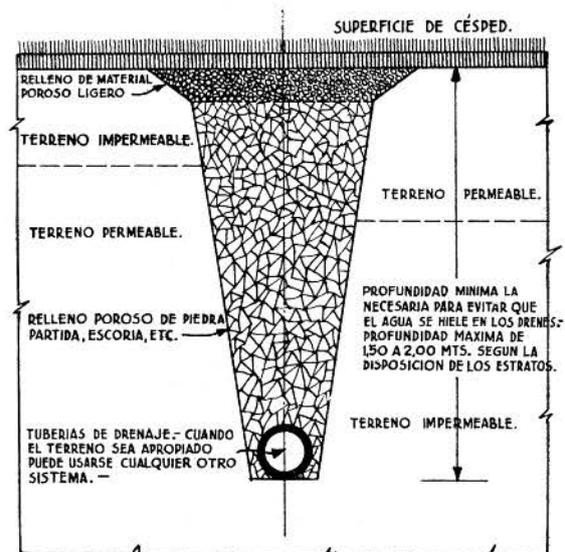
PREPARACION DEL TERRENO.

Figura 25.

¹ Véase el número anterior, página 145.

Todos los obstáculos existentes en el campo de aterrizaje deben hacerse desaparecer; los árboles, setos, vallas y edificaciones tienen que derribarse; los arroyos existentes en la superficie deben, si es posible, desviarse; si no lo fuera deben cubrirse; lo mismo debe hacerse con los pozos u hondonadas, pero teniendo en este caso cuidado de dar salida a las aguas que en ellos se recogían y que seguramente se seguirán acumulando, por filtraciones del terreno; si así no se hace, la zona del pozo u hondonada rellena, constituirá un punto débil en la superficie del aeropuerto; la mejor solución suele ser, establecer un drenaje en el fondo, que tenga desagüe a uno de los drenes generales del aeropuerto.

La nivelación es una operación que requiere un especial cuidado, no sólo porque de ella depende la comodidad de uso del aeropuerto, sino también porque la evacuación de las aguas por la superficie, cuando la naturaleza del terreno lo hace posible, es el método más económico de drenaje. La operación tiene dificultades en la práctica, por lo que al ajuste de rasantes se refiere, por la gran extensión superficial a nivelar; la materialidad de la operación de nivelado puede hacerse por cualquiera de los sistemas corrientes, siendo recomendable el empleo de niveladoras mecánicas para terminarla; en los terraplenes es preciso tener cuidado especial, para evitar asentamientos posteriores, pues dadas las pequeñas pendientes que ha de tener la superficie definitiva, cualquier asiento se convertirá en un punto bajo donde se acumularán las



1- TERRENO SUPERIOR IMPERMEABLE.- SUBSUELO PERMEABLE.- EN ESTE CASO UNA ABSOLUTA PERMEABILIDAD DE LA PARTE SUPERIOR DEL RELLENO DE LA ZANJA DE DRENAJE ES ESENCIAL.

2- TERRENO SUPERIOR PERMEABLE Y SUBSUELO IMPERMEABLE.- LOS DRENES DEBEN RECOGER EL AGUA DEL TERRENO SUPERIOR PARA EVITAR QUE quede DETENIDA EN LOS ESTRATOS INFERIORES.

TIPO DE DRENAJE RECOMENDABLE.—

Figura 26.

aguas: precauciones para evitarlo, las corrientes, cumplidas tal vez con más esmero; material para el relleno granular y poroso; extensión en tongadas de pequeño espesor, ayudando, si es posible, con agua a una rápida consolidación; si la extensión es pequeña y la altura a rellenar de relativa consideración, es recomendable la formación de un pedraplén; una vez efectuada la nivelación, antes de establecer el firme definitivo, hay que regularizar la superficie del terreno; esto se logra por un escarificado seguido de un enrasado con aparatos niveladores y afirmado con un pequeño rodillo; como escarificadoras pueden emplearse las corrientes de poco peso. El apisonado debe hacerse con rodillos ligeros; el empleo de cilindros de gran peso, resulta contraproducente, pues el terreno en vez de apisonarse *se corre*, apareciendo ondulaciones que luego resulta difícilísimo corregir; no deben emplearse cilindros de tres rodillos, sino de dos.

Drenaje. — El sistema de drenaje puede ser para recoger las aguas superficiales o bien para sanear el subsuelo; la eliminación de las aguas superficiales, evitando se acumulen en zonas determina-

das, es de gran importancia; no es sencillo, por la gran extensión del campo, sin un drenaje especial; el sistema de eliminación superficial, simplemente por pendiente del terreno, obliga a dar a éste un bombeo general y único y como la velocidad del agua en la superficie ha de ser reducida, por serlo las pendientes máximas admisibles, cualquier diferencia en éstas origina encharcamientos si el terreno es impermeable o pérdida de resistencia si no lo es, que se traducirá en asientos; por esta causa es necesario, en general, acudir a drenajes que recojan las aguas superficiales por pequeñas zonas, y como por otra parte la superficie tiene que ser uniforme, estos drenajes tienen que ser cubiertos, es decir, que no se puede recurrir al sistema de drenaje superficial de cunetas, corrientemente empleado en carreteras. Solamente en el caso de terrenos sensiblemente impermeables y suficientemente resistentes, será factible acudir al drenaje superficial de la totalidad del área de aterrizaje, que evidentemente es el sistema más conveniente desde el punto de vista económico.

Hay que tener especial cuidado en las zonas lin-

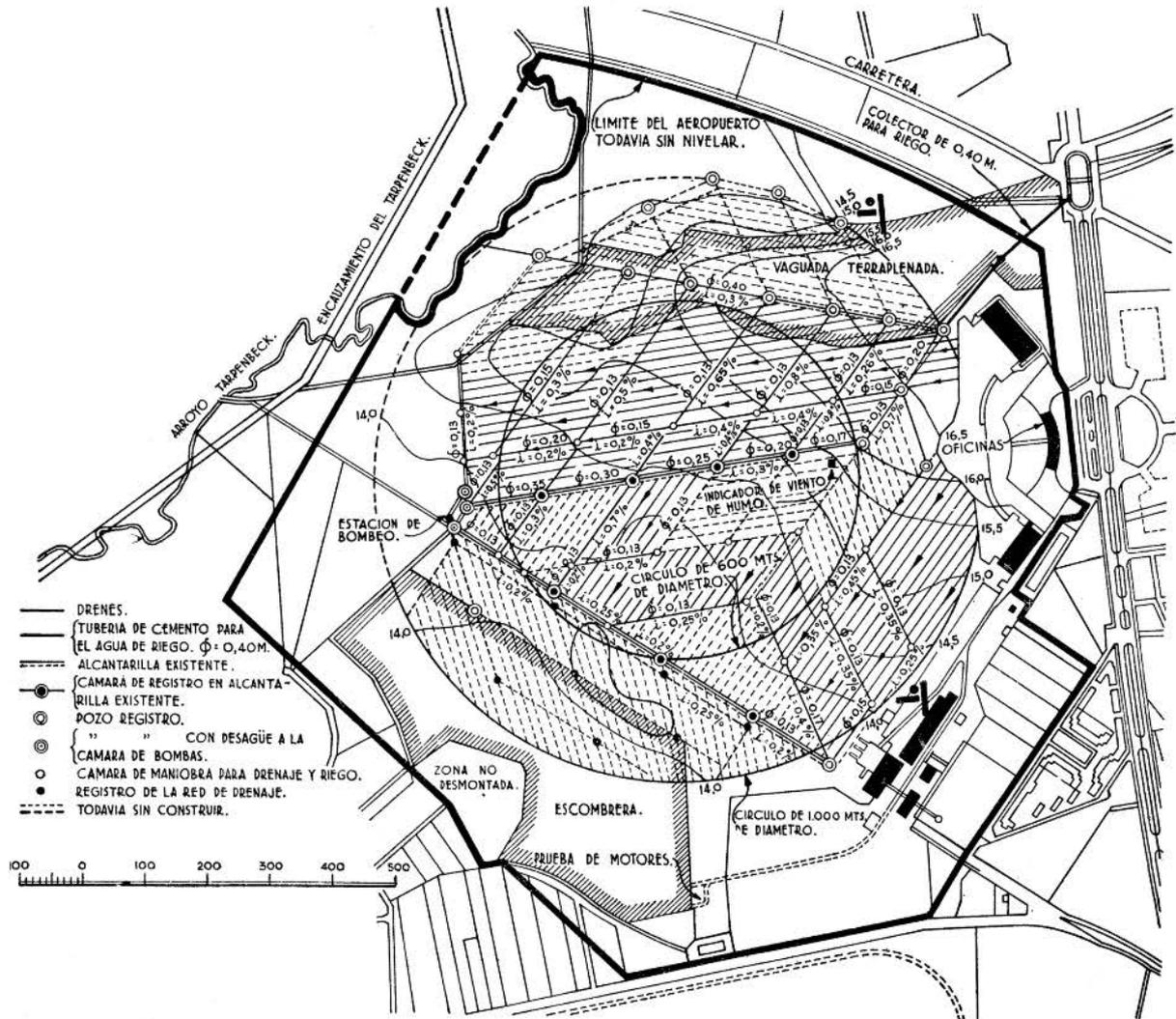


Fig. 27. — Plano de las redes de drenaje y riego del aeropuerto de Hamburgo.

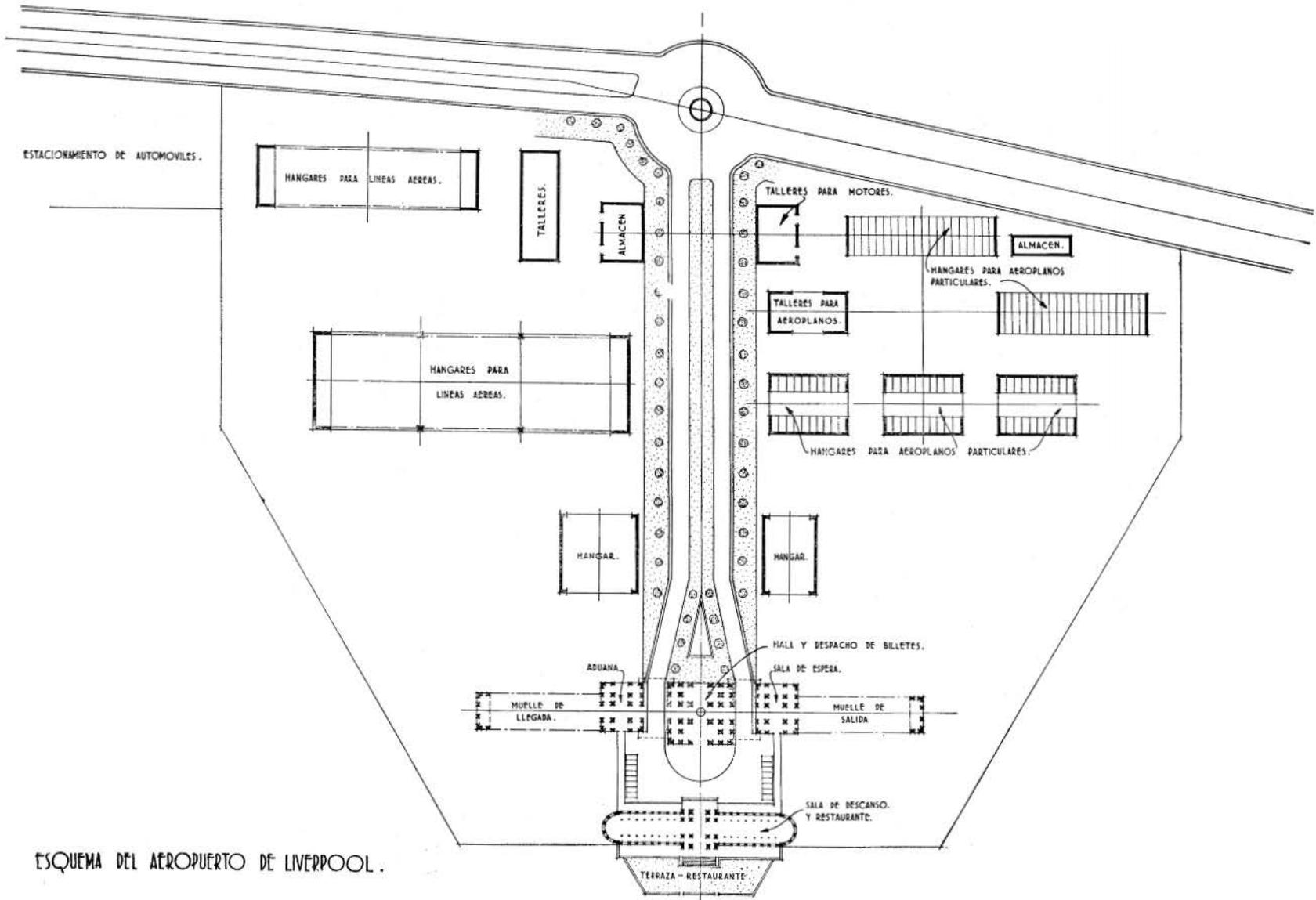


Figura 28.

dantes de las pistas de despegue cuando su firme es, como suele ocurrir, impermeable; su coeficiente de escorrentia es muy elevado y prácticamente toda el agua que en ellas cae, corre a sus lados empapando el terreno natural de coeficiente de escorrentia mucho más pequeño; esto puede producir un reblandecimiento del cimiento de la pista y ser causa de asentamientos en ésta, y aunque así no fuere, por ser el terreno impermeable, dará lugar a una zona lindante con la pista de condiciones de rodadura muy diferentes a las de ella y será peligroso que un aparato ruede sobre ésta y sobre la zona de terreno mojada.

La clase y disposición de los drenes dependerá de la naturaleza del suelo a sanear; será necesario un estudio cuidadoso para lograr una eliminación eficaz de las aguas, con la menor longitud posible de drenes, no sólo por una razón de economía, sino también para reducir a un mínimo los puntos débiles de la superficie, que son siempre las zanjas de los drenes, rellenas con material poroso y suelto. En la figura 26 puede verse un modelo de zanja de drenaje para drenes generales y en la 27 un plano del sistema de drenaje del aeropuerto de Hamburgo, en el cual se aprecia la importancia de la obra realizada para el saneamiento de este aeropuerto; ha sido preciso, no solamente construir una extensa red, sino también elevar las aguas recogidas, pues no existía la pendiente precisa para poderlas evacuar por gravedad.

Cuando el terreno lo haga necesario, suelo permeable asentado sobre un subsuelo impermeable, habrá que construir un drenaje para recoger las aguas que, empapando el suelo o corriendo en su unión con los estratos impermeables, de no tener una salida fácil, pueden reducir la resistencia del terreno.

La disposición de los drenes será análoga a la que se emplea para los drenes de las aguas superficiales; el tipo corriente puede verse en la figura 26.

La separación de los drenes y sus diámetros dependerán del carácter del terreno y caudales a evacuar; no debemos entrar aquí en detalles de su cálculo, que no difiere del corriente para cualquier caso de saneamiento de terrenos.

Superficie de rodadura.—Preparado el terreno en la forma indicada, es preciso dotar al aeropuerto de una superficie terminal de rodadura. La elección del firme es un importante problema económico, pues dada la gran superficie de los aeropuertos su costo es muy elevado; la mayoría de los casos representa una de las partidas más importantes del presupuesto del conjunto, máxime si se considera no tiene una contrapartida de ingresos, como ocurre con los hangares, talleres, hotel, etc.

Si el terreno es consistente y el clima lo hace posible, el firme de césped es una buena solución, siempre y cuando el tráfico no sea excesivo; el césped es, además, un excelente auxiliar como pavimentación complementaria de las pistas principales.

Antes de proceder a sembrar el césped hay que lograr que el terreno tenga la suficiente homogeneidad, pues si esto no ocurre, nos exponemos a que no lo sea la capa superficial; se logra esto por un arado ligero de toda la superficie; si existieran grandes terrones de tierra, sería necesario proceder a su rotura por un escarificado; una vez removida y bien mezclada la superficie del terreno, se debe hacer un apisonado ligero, que deje nuevamente igualada la superficie a tratar; hecho esto puede procederse a la

siembra del césped, empezando por abonar el terreno cuando sea necesario; la elección de la clase de césped es delicada, depende de las condiciones de clima y terreno; un buen firme de césped debe: 1.º, unir la superficie del terreno, evitando se produzca polvo y aumentando la resistencia al desgaste originado por el tráfico; 2.º, debe crecer rápidamente y si desaparece por la acción de los aparatos en algún punto, volver a crecer sin necesidad de nueva siembra; 3.º, debe ser resistente a las sequías; existen especies que son perfectamente adaptables a climas secos, lo cual es de gran importancia en nuestro país; hay por el contrario especies recomendables para climas húmedos; 4.º, la hierba no debe crecer excesivamente, para evitar el gasto y el entorpecimiento que cortarla representa.

Para reunir todas estas condiciones se suele sembrar con mezcla de diferentes semillas, proporcionándolas en forma que den la máxima eficacia en las condiciones locales; en Estados Unidos, Inglaterra y Alemania, existen casas especialmente dedicadas a la preparación de superficies de césped, que en cada caso determinado recomiendan la mezcla apropiada. A título de información reproducimos a continuación las mezclas recomendadas por el especialista profesor ingeniero Josef Schwarz, de Viena.

SEMILLAS	Terreno normal.		Terreno seco.		Terreno húmedo.	
	Por hectárea.		Por hectárea.		Por hectárea.	
	%	Kg.	%	Kg.	%	Kg.
Mezcla a:						
Trifolium repens . . .	5	1,80	5	1,80	2	0,72
» hybridum . . .	»	»	»	»	4	1,56
Lotus corniculatus . .	5	2,25	8	3,60	»	»
» uliginosus . . .	»	»	»	»	6	2,52
Medicago sativa . . .	6	5,58	4	3,72	»	»
Phleum pratense . . .	5	2,70	4	2,16	10	5,40
Poa pratensis	4	2,04	10	5,10	2	1,02
» serotina	3	1,45	»	»	8	3,86
» compressa	2	0,96	5	2,40	»	»
» trivialis	1	0,49	2	0,98	6	2,70
Cynosurus cristatus .	10	7,80	8	6,24	5	3,90
Agrostis alba stolonifera	4	1,44	3	1,08	2	0,72
Mezcla b:						
Lolium perenne . . .	15	24,80	8	13,22	10	16,50
Dactylis glomerata . .	3	3,15	3	3,15	5	5,25
Festuca pratensis . .	6	10,26	4	6,84	10	17,10
» rubra	12	12,60	6	6,30	10	10,50
» ovina	»	»	8	6,96	»	»
Bromus inermis . . .	10	21,30	15	32,—	»	»
Phalaris arundinacea .	»	»	»	»	8	3,36
Alopecurus pratensis .	5	2,10	2	0,84	9	3,78
Trisetum flavescens .	4	1,20	5	1,50	3	0,90
Totales	100	101,92	100	97,89	100	79,79

Otros firmes.—El firme de césped, excelente cuando el tráfico no es muy intenso, resulta insuficiente para aeropuertos de importancia, especialmente en determinadas zonas: muelles de llegada, pistas de estacionamiento y pistas de despegue y aterrizaje principales, es decir en la dirección de los vientos dominantes en la localidad; en estas zonas consistentemente deben construirse firmes de mayor resistencia.

Las condiciones principales que debe cumplir un

firme para un aeropuerto son: 1.º, costo reducido, entendiéndose por tal el resultado de los costos de establecimiento y conservación; 2.º, superficie resistente al choque y desgaste; suficientemente elástica para el aterrizaje; no deslizante para permitir el frenado y manejo de los aparatos; 3.º, ser visible desde el aire, permitir las marcas y no ser deslumbrante bajo la luz de reflectores.

Las condiciones 1.ª y 2.ª son prácticamente las mismas que deben cumplir los firmes corrientes de carreteras, debiéndose evitar, tanto o más que en éstas, los firmes deslizantes, que hacen, especialmente cuando están mojados, difícilísimo el manejo de los aparatos.

Los firmes empleados son los corrientes en carreteras procurando guiarse en su elección por las

co para el aterrizaje, visible desde el aire; costo de primer establecimiento moderado, teniendo en cuenta su permanencia; construído, con capa de rodadura de guijo grueso y sin exceso de betún, no es deslizante.

Macadam bituminoso mezclado in situ.— De características muy similares al macadam construído por penetración, es de construcción más rápida y ligeramente más económica; superficie de rodadura excelente, con rasantes muy perfectas y de gran elasticidad para el aterrizaje; no es deslizante; visible desde el aire.

Hormigón hidráulico.— No es elástico para el aterrizaje; no es deslizante; el costo de establecimiento es relativamente elevado, pero bien construído es un firme permanente de muy pequeña o ninguna

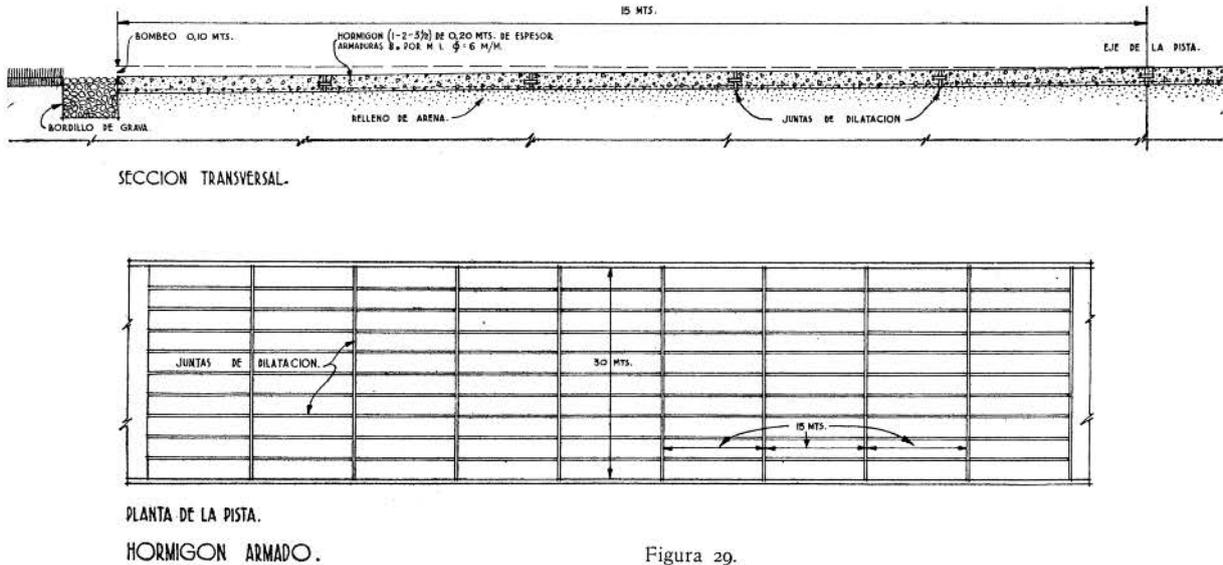


Figura 29.

condiciones anteriores; rápidamente pasaremos revista a las principales ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, sin detenernos en los detalles de construcción.

Firmes de macadam.— No son recomendables, se deterioran rápidamente y producen gran cantidad de polvo, que es origen de molestias para el público y resulta peligroso para los motores; no deben, en general, utilizarse.

Macadams con tratamiento superficial.— Si el tráfico es pequeño pueden ser solución buena; la resistencia aumenta, desaparece el polvo y se logra un firme lo suficientemente elástico; hay que tener cuidado en la construcción de la capa de cubrición, evitando, por la utilización de un guijo grueso y resistente, la formación de una superficie deslizante; son económicos de conservación, para un tráfico adecuado; son visibles desde el aire y permiten fácilmente las marcas. Cuando el tráfico aumenta, es necesaria una atención asidua, que resulta costosa y molesta para el servicio.

Macadam asfáltico construído por penetración.— Es un firme permanente; bien construído y para un tráfico no excesivamente intenso, precisa pequeñas reparaciones; perfectamente elásti-

conservación. El más grave inconveniente que tiene son las grietas, que en todos los firmes de esta clase son difíciles de evitar y más aun en sus aplicaciones a los aeropuertos por la gran superficie, especialmente de los muelles de llegada y estacionamiento. Por ello es preciso disponer juntas longitudinales y transversales que dividan el firme en losas alargadas, aun así es prácticamente imposible evitarlas; en la mayoría de los aeropuertos que conocemos, entre ellos Hamburgo y Berlín, existen; el tratamiento corriente de las grietas, rellenarlas con betún, es eficaz, pues como el tráfico es de llantas de goma, las reparadas resisten bien. Las reparaciones de mayor importancia son difíciles y costosas, pero en un firme bien proyectado y construído deben ser muy escasas. Es precisa una preparación del cimiento muy cuidadosa, pues si su resistencia o coeficiente de rozamiento es desigual, las grietas se multiplican. No es lógico, en general, emplear grandes espesores de firme; encontramos más racional armar, en proporción adecuada al tráfico; es, además, la mayoría de las veces más económico. En la figura 29 puede verse un ejemplo de firme de hormigón armado empleado en los Estados Unidos.

Puede resultar recomendable el empleo de firmes

de hormigón tratados superficialmente con betún.

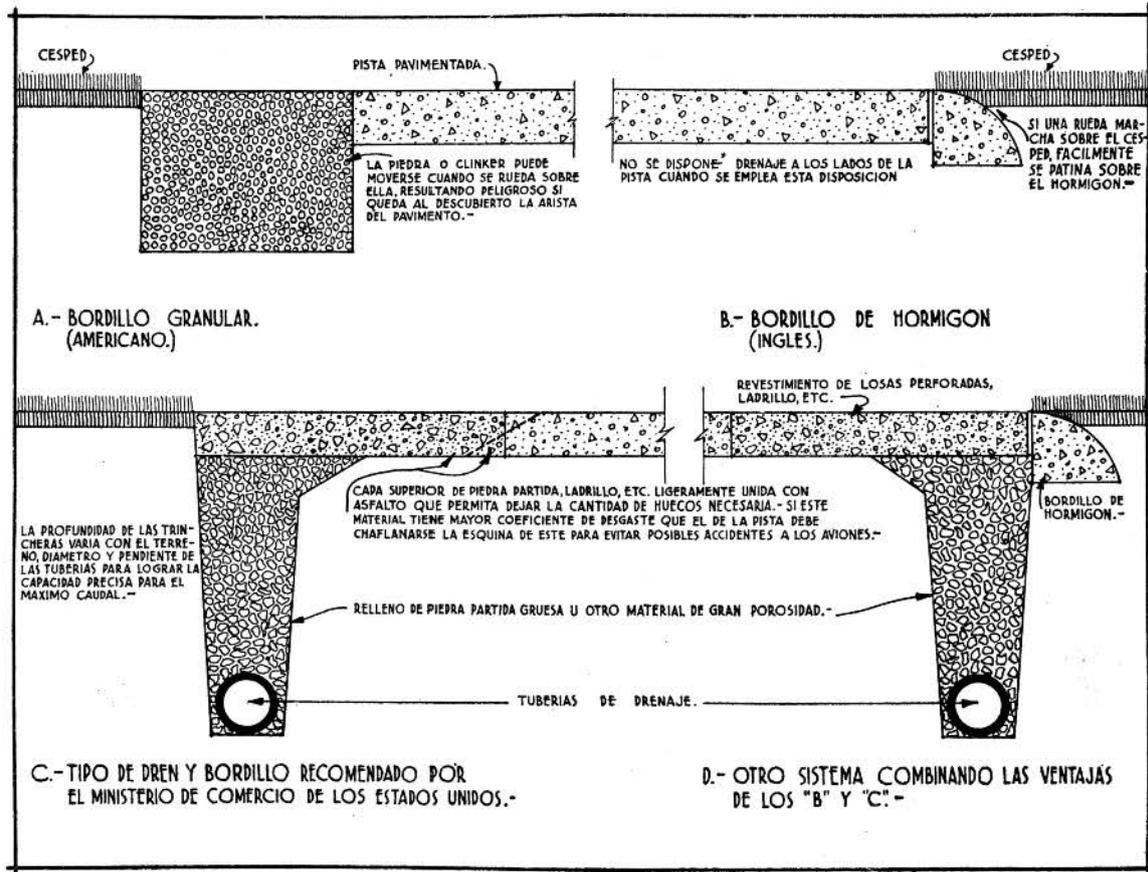
Todas las precauciones que hay que adoptar, para construir un buen firme de hormigón, hay que exagerarlas en el caso de un aeropuerto; es grave error entregar un trabajo de esta clase a constructor no especializado, pues si la ejecución no es muy esmerada, el firme se destruirá casi independientemente del tráfico que ha de soportar; sólo una dosificación cuidadosa de los elementos que en el hormigón entran y una ejecución más cuidadosa todavía, si cabe, pueden dar en este firme un mínimo de garantías.

Hormigón asfáltico. — Si se construye la capa final cubierta con guijo grueso y duro para evitar los peligros del deslizamiento es firme excelente, elástico para el aterrizaje y de duración prácticamente indefinida. Tal vez excesivamente caro, especialmente si no existe en las proximidades del aeropuerto una instalación de fabricación; es visible desde el aire y permite el establecimiento de marcas y señales.

Asfalto comprimido continuo o en losetas. — Excesivamente costoso no resulta su empleo justificado más que en casos excepcionales; es deslizante; de duración prácticamente indefinida; se repara fácilmente si por circunstancias especiales se hace preciso.

Disposiciones especiales. — La terminación lateral del pavimento de las pistas presenta dificultades, que es preciso considerar; los aviones no se ma-

nejan en tierra como se maneja un automóvil, y, especialmente al aterrizar, es posible y hasta frecuente que el aparato se salga de la pista o que una de las ruedas de su tren de aterrizaje rueda por ella y la otra por fuera; al ocurrir esto, si la zona lindante con la pista no tiene bastante consistencia por no existir un drenaje adecuado y está reblandecida por las aguas, se destrozará rápidamente y constituirá una zona peligrosa para los aparatos. Para evitarlo hay que drenar las zonas laterales y, al mismo tiempo, darlas una resistencia tal, que el paso del firme de la pista, al terreno natural, no sea brusco y puedan quedar aristas vivas al descubierto. Según puede verse en la figura 30, los americanos, para resolver estas dificultades, terminaban primeramente las pistas por un relleno de grava o clinker, que tenía el inconveniente de resultar movedizo al rodar sobre él los aparatos; para evitarlo el Departamento de Comercio de los Estados Unidos recomienda la disposición que en la parte inferior de la figura puede verse, y que consiste en disponer una zanja de drenaje, cubierta con piedra, unida por betún asfáltico, pero que tenga gran cantidad de hueco para dejar se filtre a través de ella el agua, a la zanja de drenaje. La práctica inglesa de terminar la pista con un bordillo curvo, aunque evita la formación de una arista viva, tiene el inconveniente de la falta de drenaje, y hace posible



TIPOS DE BORDILLO Y DRENAJE PARA PISTAS.

Figura 30.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

que patine un aparato que parcialmente rueda sobre el césped; la disposición D, que reúne las ventajas de los dos sistemas, resulta muy recomendable.

La evacuación de las aguas de la superficie de las pistas se debe hacer, en general, dando a éstas un bombeo como en las carreteras, y a los muelles de lle-

gada y estacionamiento una pendiente general hacia los drenes; en algunos casos, aunque no es lo frecuente, se pueden construir las pistas con la pendiente hacia el centro, disponiendo en éste sumideros que recojan las aguas.

José Luis ESCARIO
Ingeniero de Caminos.



Aeropuertos¹

Servicios. — Dependen, según ya hemos dicho, fundamentalmente del carácter del aeropuerto, y de su tamaño. Pueden clasificarse en dos grandes grupos: 1.º Edificios destinados a los pasajeros, tráfico y administración; y 2.º Hangares y talleres, destinados a guardar o reparar los aparatos.

Entre los del primer grupo hay que distinguir: *a)* Servicio de viajeros. *b)* Servicio de mercancías. *c)* Servicio de control de los aparatos en vuelo y en el aeropuerto. *d)* Servicio meteorológico. *e)* Administración.

Servicio de viajeros. — Es el aeropuerto esencialmente una estación en la cual se debe prestar atención muy preferente a los viajeros que de ella se han de servir, disponiendo su conjunto en forma que los movimientos del público y las operaciones que éste ha de realizar se verifiquen de manera sencilla y cómoda; para ello hay que contar con: *a)* Sala de espera. *b)* Despacho de billetes. *c)* Restaurante. *d)* Correos, telégrafo y teléfono. *e)* Oficina de ferrocarriles, turismo y cambio de moneda. De estos servicios, el *a)* puede lograrse o bien en una sala especial, o bien, y es lo más corriente, en un gran *hall* central, que sirva de sala de espera y al mismo tiempo de acceso a las dependencias principales.

Como anejo al despacho de billetes, hay que disponer de un aparato para pesar a los viajeros, pues

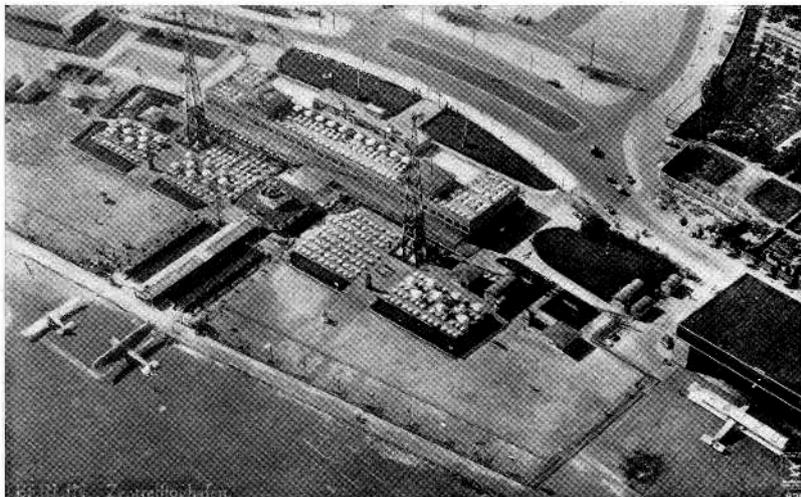


Fig. 31.— Vista general de los edificios y terrazas del aeropuerto de Berlín.

es imprescindible conocer la carga que los aparatos han de transportar. Con relación al servicio de restaurante, deben existir salas independientes para los viajeros y para el público en general, pues los primeros disponen de poco tiempo y en cambio siempre, y especialmente los días festivos, acude mucho público, que va a pasar el día al aeropuerto. El servicio de correos, telégrafo y teléfono, es esencial, así como la oficina de ferrocarriles, turismo y cambio de moneda en los aeropuertos internacionales.

El paso de los viajeros desde la sala de espera o edificios a los aparatos, debe disponerse cubierto; en Berlín, según puede verse en la figura 31, existe un paso cubierto que va desde el edificio de viajeros al muelle donde se coloca el aparato. En algunos aeropuertos de Estados Unidos, se disponen varios pasos que se cubren con estructuras telescópicas y que sirven varios aparatos al mismo tiempo.

Servicio de mercancías.

Aduanas. — El servicio se realiza en forma análoga al servicio marítimo; los equipajes se recogen corrientemente en las oficinas de las Compañías, en la ciudad, donde se pesan, entregándose al viajero el correspondiente resguardo; se transportan a los aparatos, con absoluta independencia del viajero, el cual la mayoría de las veces no vuelve a tener contacto alguno con su equipaje, has-

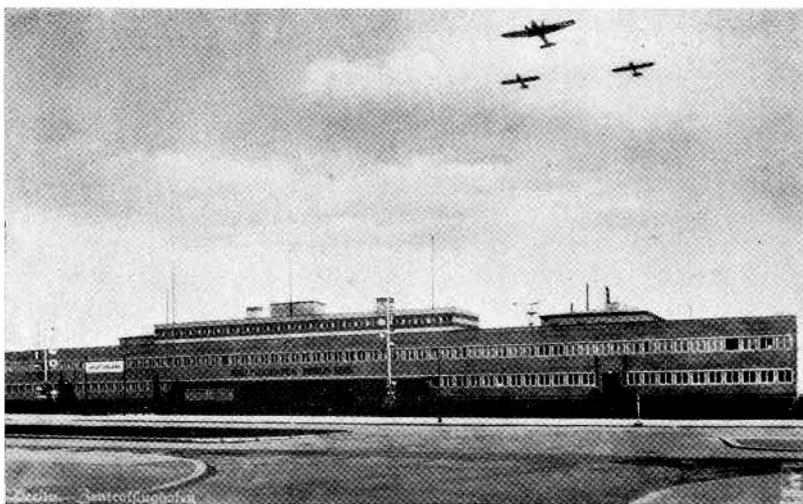


Fig. 32.— Vista exterior del edificio principal del aeropuerto de Berlín.

¹ Véase el número anterior, pág. 185.

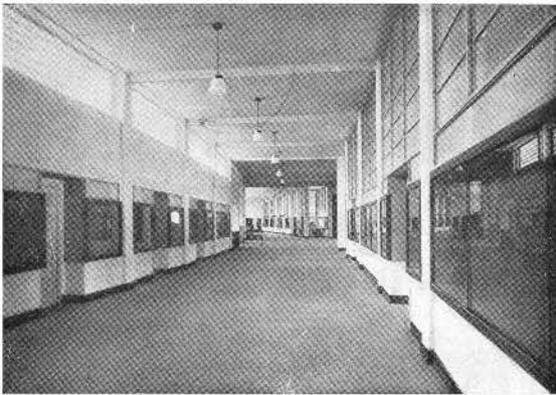


Fig. 33.—Interior del edificio de administración y viajeros del aeropuerto de Berlín.

ta su llegada al punto de destino. A la llegada, tratándose de líneas internacionales, hay que disponer el servicio de Aduanas para la inspección y pago de derechos; si el aeropuerto está a bastante distancia de la población, es lo corriente que la misma Compañía se vuelva a hacer cargo de los equipajes y los transporte a sus oficinas centrales, donde se hace la entrega a los dueños.

Unido a la Aduana debe establecerse el servicio de pasaportes, y en algunas naciones existe también el servicio médico, de reconocimiento de pasajeros.

Para el tráfico aéreo, todos estos servicios necesitan mucho menos espacio que el necesario en una estación internacional de ferrocarril, pues el número de personas y equipajes a reconocer es mucho menor cada vez; pero aunque de menor tamaño, la organización debe ser similar.

Hay que disponer, además de los servicios indicados, los correspondientes de administración, oficinas de las distintas líneas regulares, turismo, información, etc., que deben proyectarse con una distribución tal, que queden con la independencia precisa, pero con la debida correlación entre sí, para comodidad del personal y del público; desde este punto de vista, parece más conveniente el criterio de un edificio general, como en Berlín, que la existencia de edificios aislados, como ocurre en distintos aeropuertos americanos y en Madrid. Un estudio cuidadoso de las condiciones y necesidades de cada caso particular, dará la solución más conveniente; hay que tener en cuenta, al proyectar la disposición general, la conveniencia de prever una posible ampliación cuando las necesidades del tráfico lo exijan, sin dar lugar a gastos inútiles por demolición de las partes ejecutadas; una adecuada concepción del proyecto con este fin, es de impor-

tancia trascendental para el futuro del aeropuerto.

Hangares y talleres.—Son estos edificios de gran importancia para el servicio de un aeropuerto; su costo es elevado, ocupan un espacio importante y su disposición en planta está relacionada con una serie de movimientos de los aparatos, en las pistas de muelle, que deben reducirse a un mínimo y procurar sean ordenados, evitándose, en lo posible, interferencias y falsas maniobras, siempre inconvenientes y peligrosas. Por otra parte, cuando se proyecta un aeropuerto, es imposible, económicamente, construir la totalidad de los hangares, pero los que se construyan deben disponerse con una visión del conjunto de los previstos y proyectar su estructura en forma que sean fácilmente ampliables; por otra parte, el acondicionamiento de los aparatos para la debida utilización del espacio disponible y un mínimo de maniobras, obliga a disposiciones en planta que tienen que estar muy estudiadas, con la reducción a un mínimo de los apoyos, lo cual plantea interesantes problemas constructivos; por último, la disposición adoptada para las puertas, tiene importancia para la debida utilización del espacio disponible. Resumiendo, las condiciones que se deben tener en cuenta al proyectar unos hangares, son: 1.º Ser fácilmente accesibles para los aparatos; el movimiento de un aparato no debe obligar a mover otros encerrados en el mismo hangar. 2.º Los hangares deben ser fácil y económicamente ampliables. 3.º El camino a recorrer para llegar a los muelles de carga debe ser el mínimo, para reducir al mínimo la pavimentación precisa. 4.º Debe preverse la disposición de conjunto, aunque exigencias económicas obliguen a construir únicamente una parte de los hangares proyectados; sólo así, las nuevas construcciones resultarán coordinadas el día que se llegue al desarrollo máximo, en cuyo momento es más que nunca, por existir un tráfico intenso, precisa la ordenación general.

Generalmente los talleres, y a veces las oficinas, se proyectan anejos al hangar, lo cual no debe ser

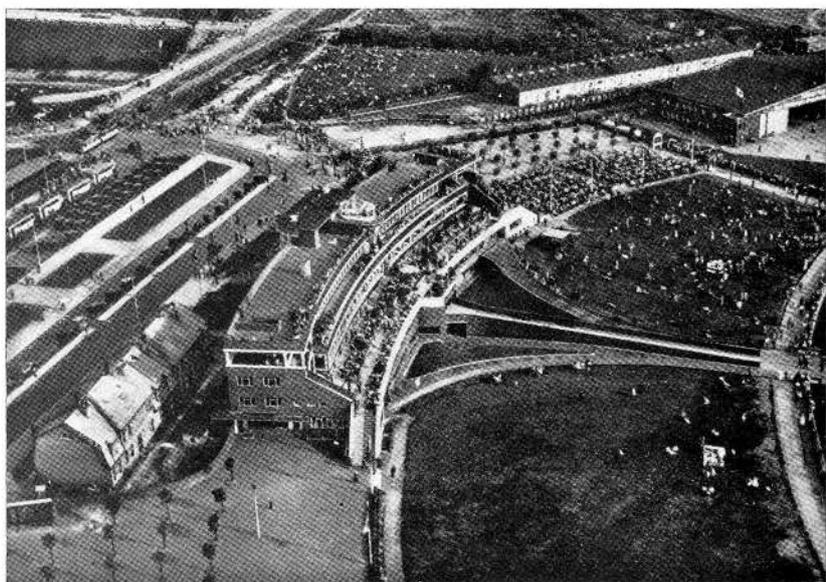
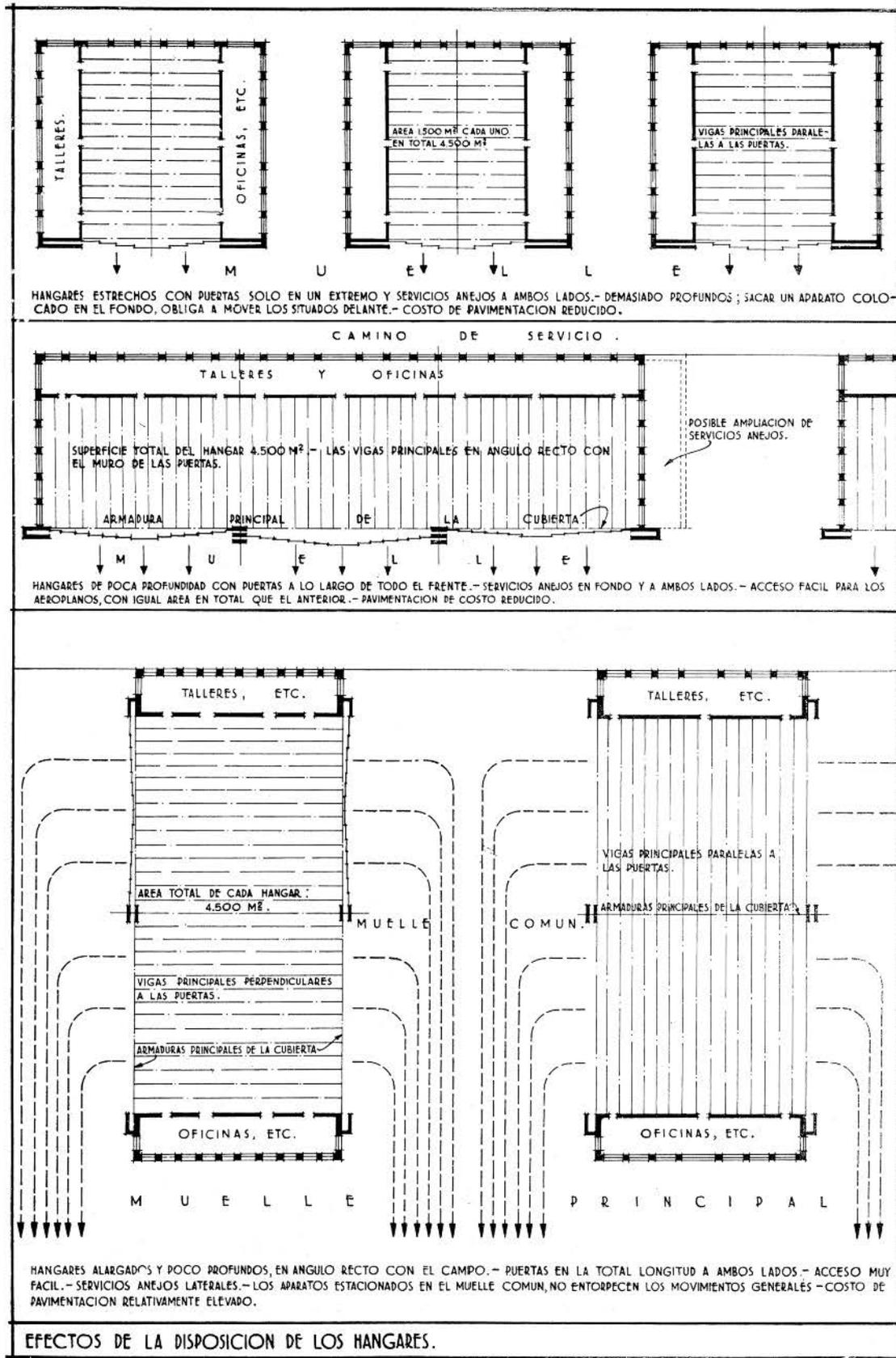


Fig. 34.—Edificios del aeropuerto de Hamburgo.



EFFECTOS DE LA DISPOSICION DE LOS HANGARES.

Figura 35.

obstáculo para que sea posible la ampliación de los servicios en caso necesario. En las figuras 35 y 36 puede verse, con toda claridad, las ventajas e inconvenientes de diferentes disposiciones tipo, por los conceptos que antes se indican.

La disposición relativa y tamaño de los aparatos tiene una importancia grande en la planta a adoptar; los alemanes, para darse cuenta del "rendimiento" de utilización de un hangar, obtienen la relación de la superficie total del hangar a la suma de las longitudes de ala de los aparatos encerrados en él; en las figuras 38 y 39 pueden verse diferentes disposiciones, con los resultados numéricos correspondientes, deducidos por Max Beyr. Claro está, que el rendimiento de un hangar varía, al variar la clase de aparatos en él encerra-

dos, puesto que cambia la suma de las longitudes de ala; esto nos indica que cada hangar es económico, para aparatos de determinadas características y que debe hacerse una clasificación lógica de hangares, dentro de cada aeropuerto, para que sólo vayan a cada uno de ellos los aparatos del tipo conveniente.

Constructivamente los apoyos deben reducirse a un mínimo; su existencia dificulta el buen aprovechamiento del hangar: en la figura 40 puede verse el ejemplo de dos hangares, aproximadamente de la misma superficie, uno cuadrado, con pies derechos, y otro rectangular, sin pies derechos, en el cual es posible acondicionar dos pequeños aparatos más.

En la figura 37 puede verse un hangar, con jaulas independientes para pequeños aparatos de alas plegables, disposición hoy día adoptada por casi todos los constructores; las jaulas, dispuestas normalmente a un gran hall central, tienen puertas articuladas que corren por unos carriles, que se señalan en la figura, para no ocupar sitio ni en el hall ni en las jaulas. Las disposiciones que antes se indican son las corrientes; en la figura 41 pueden verse las plantas de otros tipos de hangares existentes, en los cuales se han buscado fines especiales, añadiendo al hangar otros servicios, viajeros, señales, etc... Estas disposiciones sólo en algún caso pueden estar justificadas; en general son más costosas de construcción y tienen, además, el grave inconveniente de ser muchas de ellas, sobre todo las exagonales y circulares, difícilmente ampliables.

Hay que cuidar especialmente, en los hangares, la

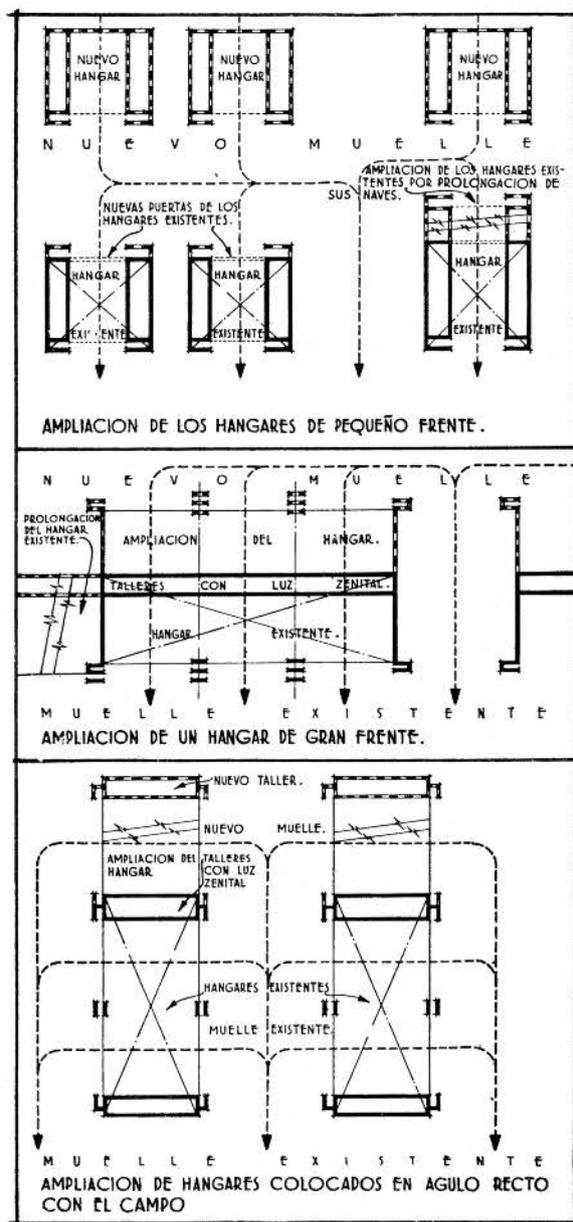
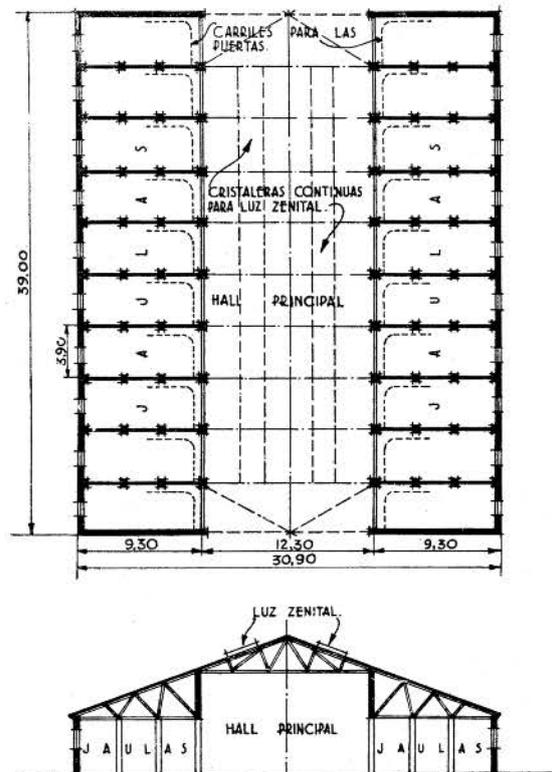


Figura 36.



HANGAR CON JAULAS INDEPENDIENTES PARA APARATOS PARTICULARES DE ALAS PLEGABLES.

Figura 37.

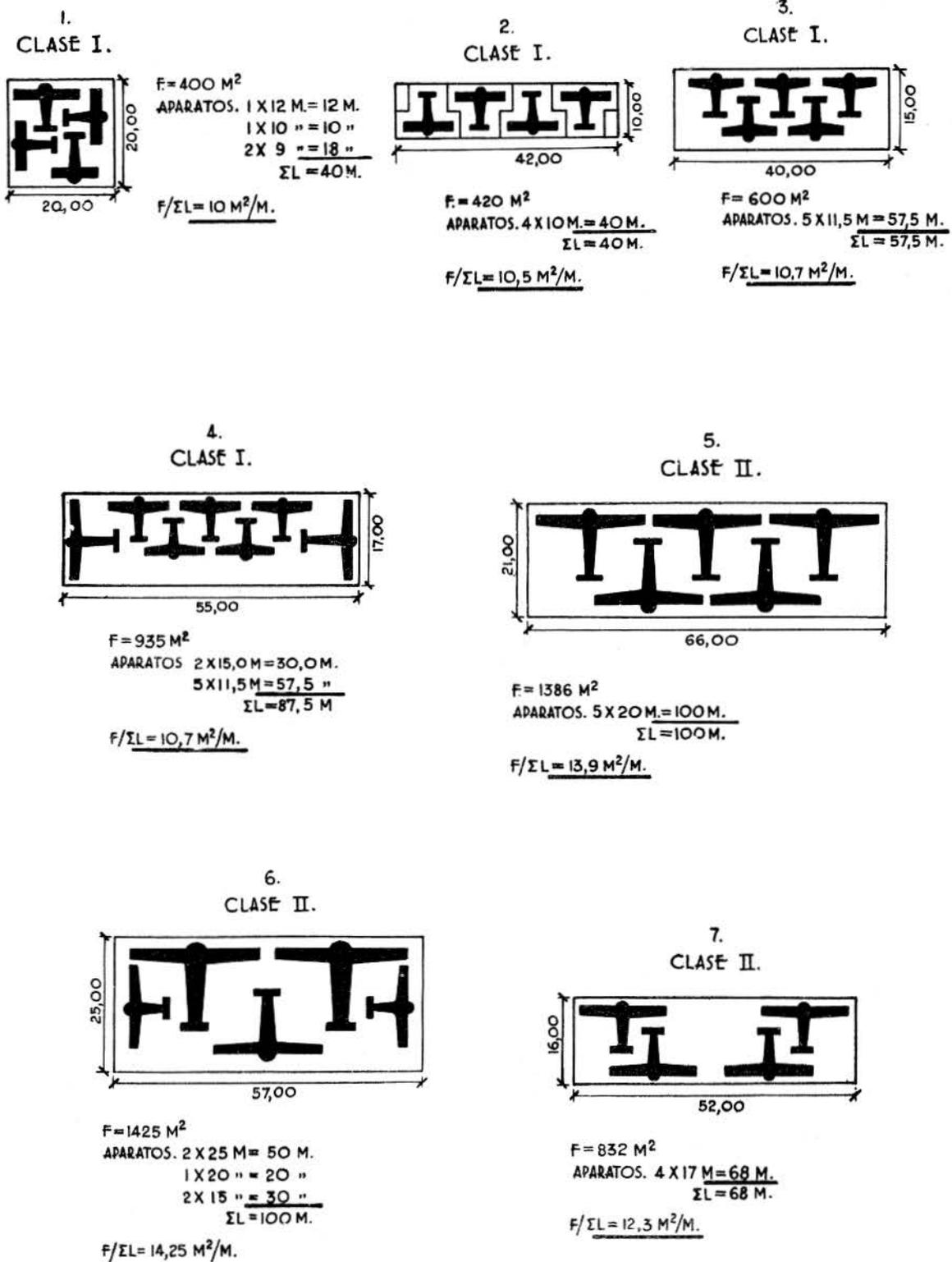
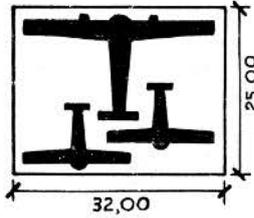


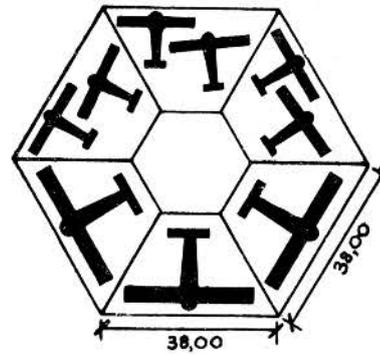
Fig. 38. — F , superficie total del hangar en metros cuadrados; ΣL , suma de las longitudes de ala de los aparatos.

8.
CLASE II/III.



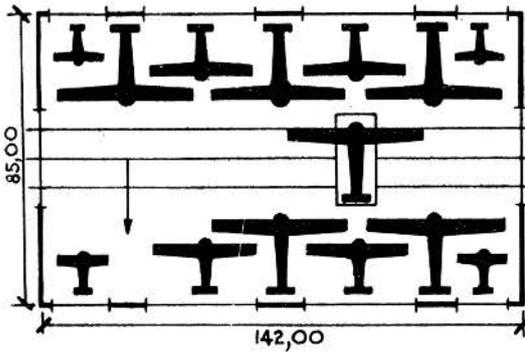
$F = 800 \text{ M}^2$
 APARATOS 1 X 29 M. = 29 M.
 2 X 17 M. = 34 "
 $\Sigma L = 63 \text{ M.}$
 $F/\Sigma L = 12,7 \text{ M}^2/\text{M.}$

9.
CLASE II/III.



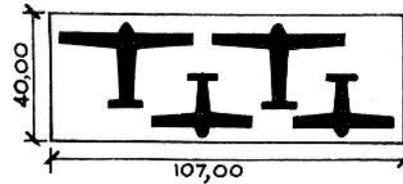
$F = 3750 \text{ M}^2$
 APARATOS 3 X 28 M. = 84 M.
 6 X 16 " = 96 "
 $\Sigma L = 180 \text{ M.}$
 $F/\Sigma L = 20,8 \text{ M}^2/\text{M.}$

10.
CLASE II/III.



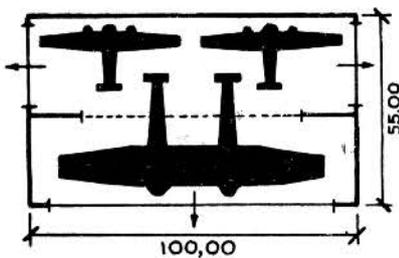
$F = 12.070 \text{ M}^2$
 APARATOS 6 X 40 M. = 240 M.
 4 X 30 " = 120 "
 4 X 16 " = 64 "
 $\Sigma L = 424 \text{ M.}$
 $F/\Sigma L = 28,5 \text{ M}^2/\text{M.}$

11.
CLASE III.



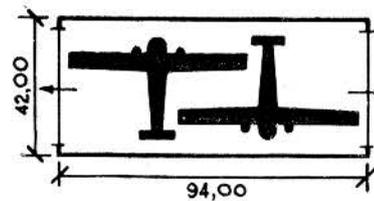
$F = 4.280 \text{ M}^2$
 APARATOS 2 X 40 M. = 80 M.
 2 X 30 M. = 60 "
 $\Sigma L = 140 \text{ M.}$
 $F/\Sigma L = 30,6 \text{ M}^2/\text{M.}$

12.
CLASE III.



$F = 5.500 \text{ M}^2$
 APARATOS 1 X 80 M. = 80 M.
 2 X 42 " = 84 "
 $\Sigma L = 164 \text{ M.}$
 $F/\Sigma L = 33,6 \text{ M}^2/\text{M.}$

13.
CLASE III.



$F = 3.950 \text{ M}^2$
 APARATOS. 2 X 54,30 M. = 108,60 M.
 $\Sigma L = 108,60 \text{ M.}$
 $F/\Sigma L = 36,4 \text{ M}^2/\text{M.}$

Figura 39.

iluminación; las operaciones de inspección de los aparatos, hace necesaria una iluminación intensa, para que las sombras se reduzcan a un mínimo; la práctica inglesa de dar a los hangares luz zenital, tiene el inconveniente de producir sombras fuertes, especialmente debajo de las alas; es más conveniente la iluminación lateral, por la totalidad de la parte alta de los muros del hangar, disposición corrientemente adoptada por los alemanes. Los americanos utilizan las puertas encristaladas para la iluminación, con el inconveniente de que la luz viene sólo por un lado y produce sombras más intensas que con la disposición anterior.

Las estructuras se construyen en general metálicas o de hormigón armado; cuando el emplazamiento

de los hangares no es fijo, es recomendable el uso de estructuras metálicas, con las que es posible construir hangares desmontables; los vanos entre muros se rellenan con ladrillos, bloques de cemento y en algunos casos palastros ondulados; la cubierta se construye con planchas de materiales ligeros, de los existentes en el mercado, teniendo especial cuidado en lograr una buena impermeabilidad.

Cuando las estructuras han de ser permanentes, resulta más recomendable el empleo del hormigón armado, que no precisa la atención que siempre necesita una estructura metálica; el hormigón armado permite la construcción con grandes luces libres, sin ningún entorpecimiento por la altura de las vigas, siendo desde el punto de vista arquitectónico, mate-

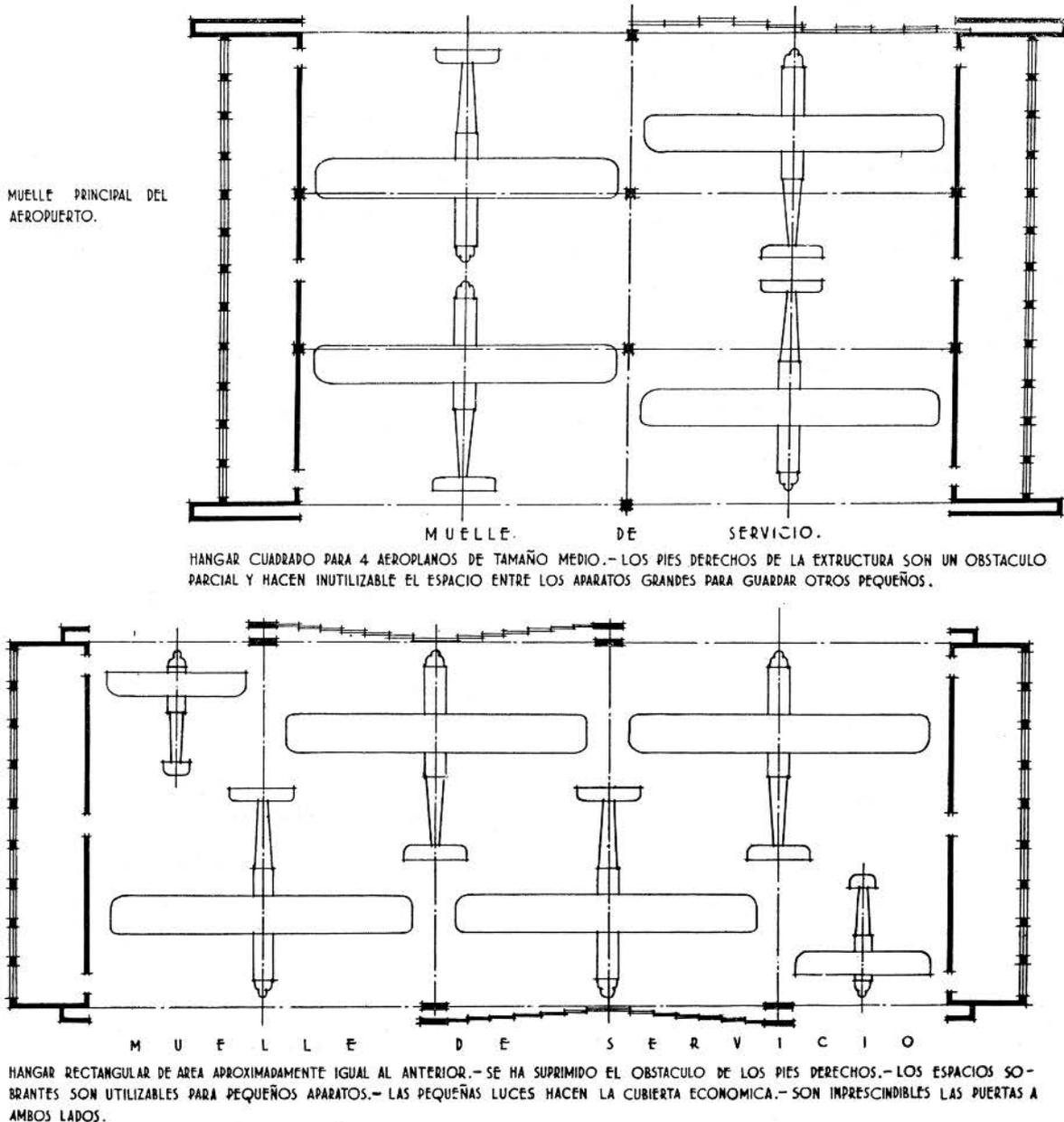


Figura 40.

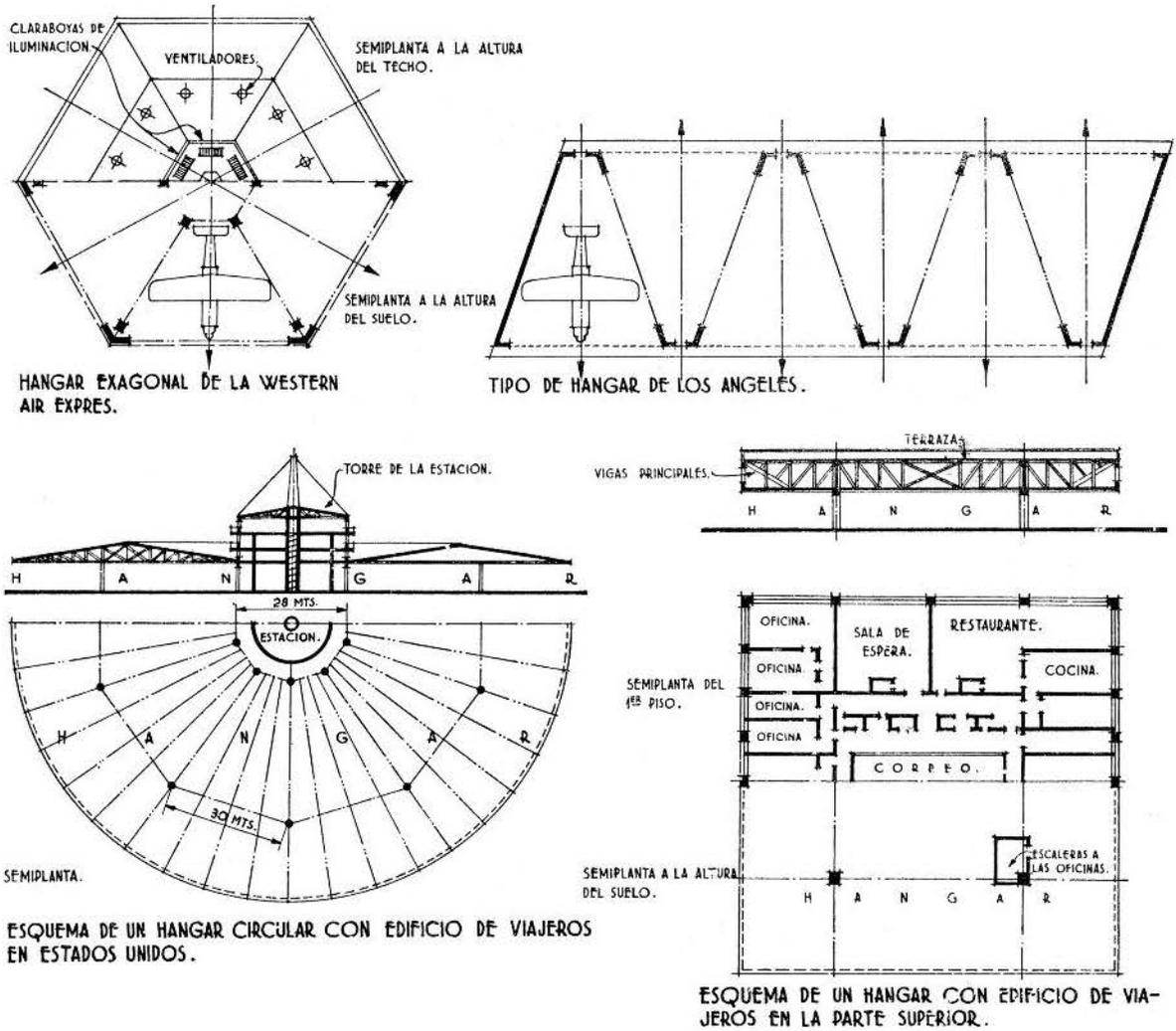


Figura 41.

rial que presenta más amplios horizontes que el material metálico; el relleno del espacio comprendido entre los pies derechos se hace en forma análoga, al caso de estructuras metálicas; las cubiertas, para adaptarse a las grandes luces que en este material son posibles,

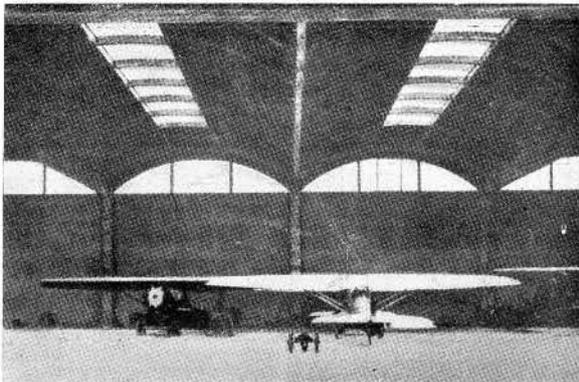


Fig. 42. — Hangares del aeropuerto de Turín.

se construyen, en general, de hormigón armado; el ejemplo de bovedillas del hangar de Turín, que se reproduce en la figura 42, es interesante.

Ejemplo notable de hangar en construcción, es el proyectado para el aeropuerto de Sevilla por nuestro compañero el profesor de la Escuela D. Alfonso Peña, que tiene dimensiones hasta ahora no superadas en estructuras similares y que dan una idea de hasta dónde es posible llegar en construcciones de este tipo; por tratarse de una obra de tan gran importancia, para la cual se han concebido disposiciones verdaderamente interesantes, creemos conveniente dar algunos detalles de ella.

El cobertizo se compondrá de 32 anillos o cerchas de hormigón armado (figuras 43 y 44), que tienen la forma de catenaria normal (fig. 45), con 126 metros de luz en la base y 58 metros de altura en el eje.

Estas cerchas que constituyen la figura antifuncular, de pesos permanentes, están calculadas para las dos hipótesis más desfavorables de empuje del viento: acción normal a la cercha y acción oblicua, con puertas abiertas, que proporciona esta última los mayores momentos flectores.

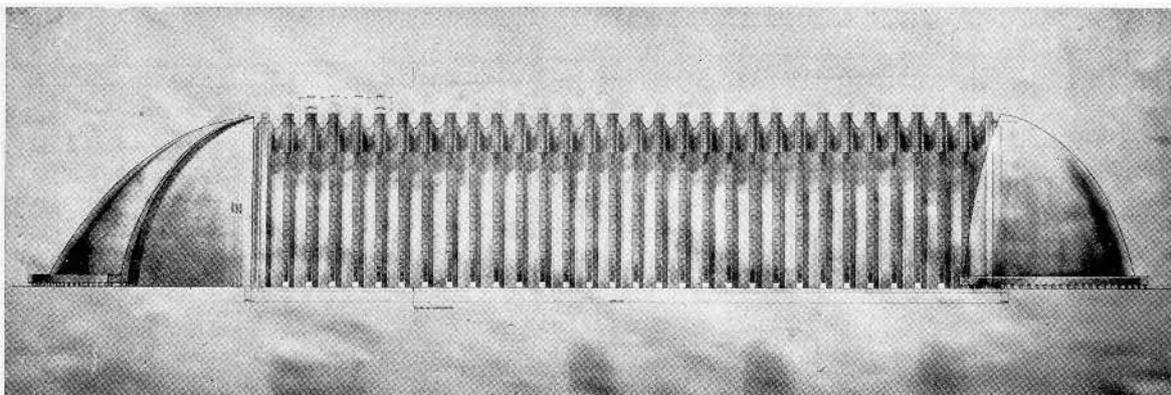


Fig. 43.—Vista lateral de hangar para dos dirigibles tipo Zeppelin, en Sevilla. Proyecto del ingeniero de Caminos D. Alfonso Peña Boeuf.

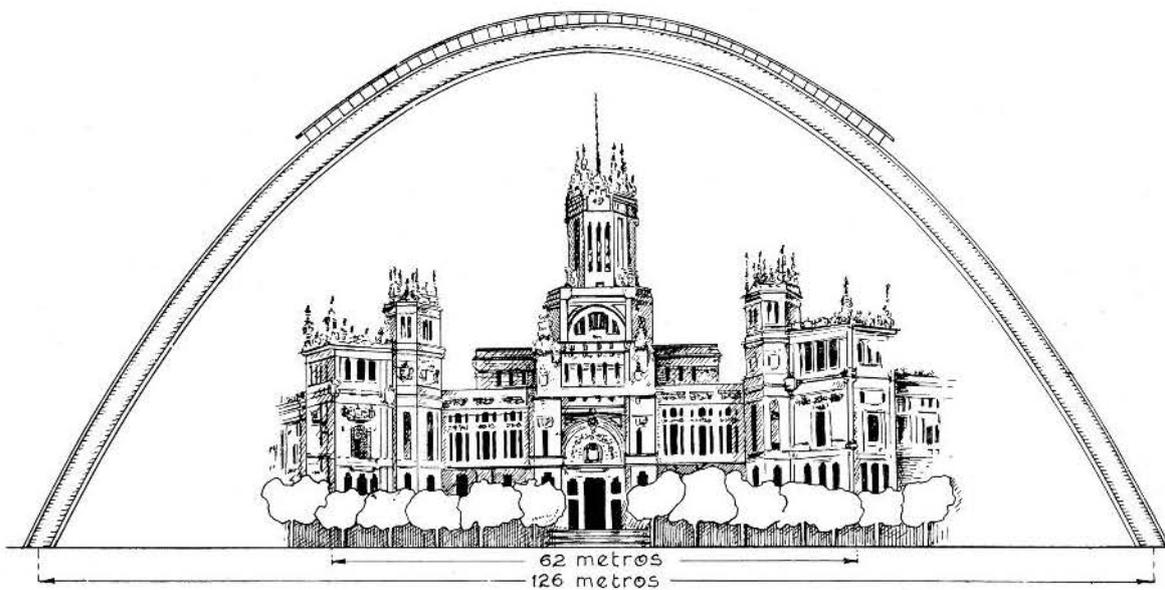


Fig. 45.—Forma y dimensiones de la sección transversal del cobertizo comparada con la Casa de Correos, de Madrid.

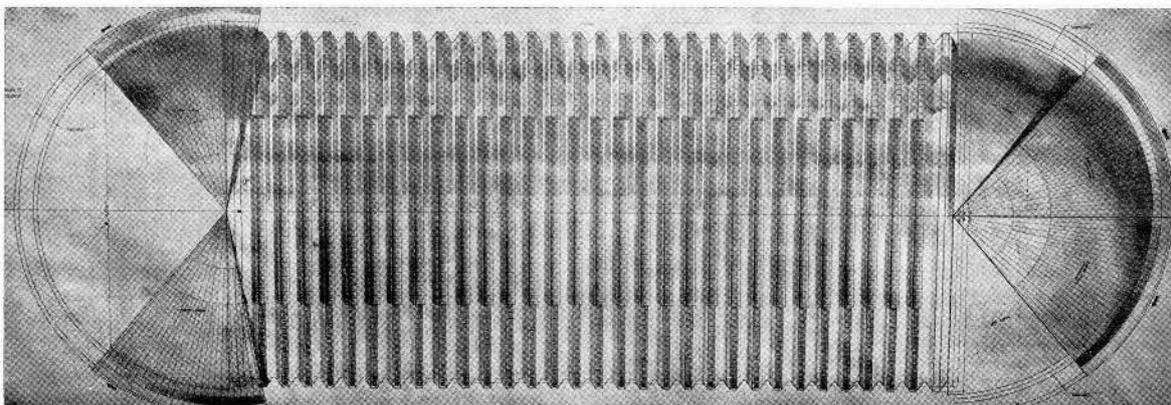


Fig. 44.—Proyección horizontal del cobertizo. En la parte izquierda se ve la posición de los sectores abiertos y en la derecha las puertas cerradas.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

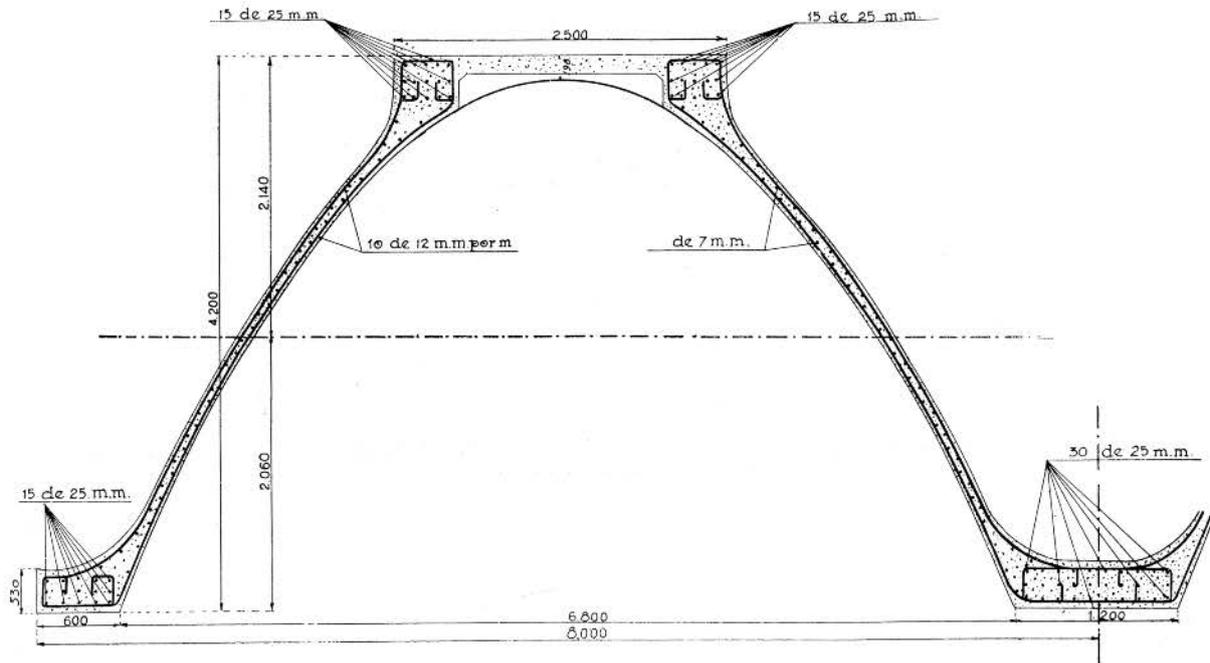


Figura 46.

Con objeto de obtener la mayor resistencia por unidad de volumen, se han proyectado estas cerchas con perfil ondulado, análogo a los hierros Zorés, en que la ondulación transversal es parabólica, según se indica en la figura 46. Cada cercha tiene el ancho de 8 metros de eje a eje, resultando, por tanto, la longitud del cobertizo, en el sentido de la bóveda, de 256 metros.

Con esta disposición se ha podido llegar a una ligereza enorme en la construcción, pues el espesor medio de hormigón, por unidad superficial de bóveda, resulta de 21 centímetros, cifra muy inferior a la conseguida en bóvedas de hormigón armado hasta la fecha, y aceptando trabajo máximo del material, perfectamente moderado (48 kg. c/m.²).

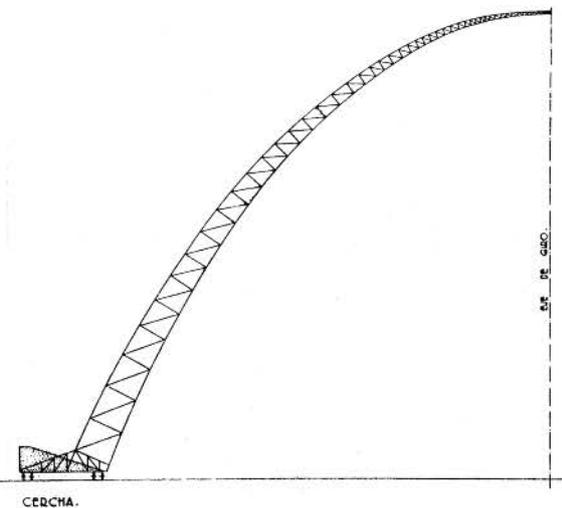


Fig. 47. — Sector móvil de las puertas, que rueda sobre doble vía circular hasta colocarse detrás de los sectores fijos.

En la parte saliente de las cerchas se ha dispuesto vidriera para la iluminación en los dos tercios laterales y abertura para ventilación, con cumbre en el tercio central.

Las puertas de cerramiento de los testeros serán metálicas, y la forma de cáscara de naranja, conforme se recomienda en los aeropuertos, para evitar los remolinos del aire.

Estas puertas constituyen una estructura de gran importancia, pues a pesar de la ligereza con que está calculada toda la construcción, llevan un peso de 3.700 toneladas de acero en perfiles.

La disposición de las puertas es original, pues para la seguridad en el funcionamiento están formadas por cuatro sectores: dos fijos, con un ángulo de 40°, y dos móviles, con ángulo de 45°.

Los sectores fijos anclados en el cimiento, dejan una abertura de 100 metros de la proyección del frente, que es suficiente para la entrada de los dos aerostatos, y los sectores móviles ruedan sobre un camino de rodadura de la base hasta colocarse detrás de los sectores fijos (fig. 47).

La principal ventaja de estas puertas es que no llevan para su giro ningún eje, sino que el funcionamiento se hace por rodadura, por estar proyectadas, tanto los sectores fijos como los móviles, en forma de estructura volada.

Este cobertizo está destinado a contener en su interior dos aerostatos del tipo Zeppelin, con las dimensiones del nuevo dirigible que está en construcción.

Aprobado por el Ministerio de Obras Públicas y el de Comunicaciones, está construida la cimentación toda, y en ella se han dejado ancladas las armaduras de la superestructura. La falta de crédito en el presente año ha hecho paralizar las obras.

José Luis ESCARIO
Ingeniero de Caminos.

Aeropuertos¹

Parte fundamental en todo hangar debidamente dispuesto, son las puertas: teniendo que ser directa

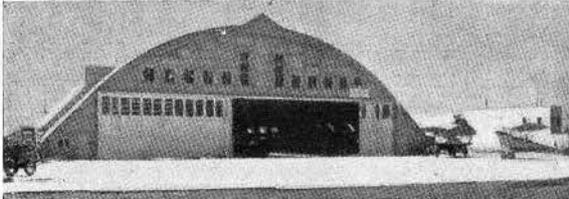


Fig. 48. — Puerta plegable.

la salida de los aparatos desde su sitio de almacenamiento al exterior, se hace precisa la existencia de puertas en todo un frente, o mejor, en dos frentes opuestos, que den salida en cualquier punto a los aparatos colocados delante de ellas, sin causar molestias ni movimiento en los demás aparatos; como dispuestas en esta forma la longitud de puertas es grande, igual a la longitud del hangar, es conveniente para facilitar la maniobra que pueda abrirse solamente el trozo de puerta situado frente al aparato que tratemos de sacar, con independencia del resto. Las maniobras de apertura y cierre deben ser sencillas y rápidas; el mecanismo, sencillo y resistente; deben realizarse las maniobras ocupando el menor espacio posible en el exterior y especialmente en el interior del hangar; las puertas deben ser lo suficientemente resistentes para poderse abrir y cerrar en todo tiempo y teniendo en cuenta los mayores vientos de la localidad.

Los principales tipos de puertas son: a) deslizantes; b) plegables; c) levadizas.

Las puertas deslizantes divididas en trozos inde-

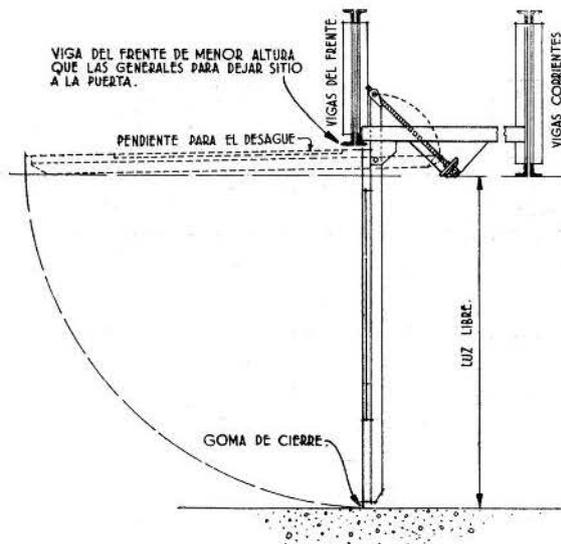


Fig. 49. — Esquema del mecanismo de la puerta dosel.

pendientes de longitud reducida, para que puedan manejarse a mano, y que corren, deslizan, por dos guías horizontales paralelas, dejando abierto el espacio preciso delante del aparato o aparatos que haya que mover; de este tipo son, por ejemplo, las puertas de los hangares del aeródromo militar de Cuatro Vientos; tienen el inconveniente de ocupar siempre un espacio en el frente del hangar, que impide la utilización de la total longitud del vano de puerta. Para evitar este inconveniente, se construyen las puertas plegables, de las cuales puede verse un modelo en la figura 48; en este tipo de puerta, los distintos trozos deslizan a lo largo de las guías, pero al llegar al final de su recorrido, *se pliegan* unos encima de otros, para

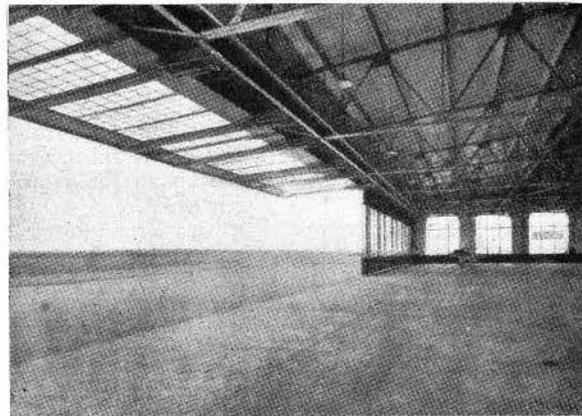


Fig. 50. — Puerta dosel (cannopy) del aeropuerto de Cleveland.

ocupar menos espacio; tiene esta disposición y la anterior el inconveniente de que las puertas deben deslizarse en guías o carriles colocados en la superficie del firme y que se pueden ensuciar, haciendo difícil el deslizamiento de las partes móviles; para evitarlo, se ha recurrido al empleo de puertas levadizas; el mayor inconveniente con que se tropieza para la construcción de puertas que simplemente se eleven, es que los hangares se construyen, en general, de un solo piso, procurando reducir su altura al mínimo, lo cual lleva a disposiciones constructivas en las que la altura total del hangar es ligeramente superior a la altura de la puerta; no es posible tener, por tanto, en general, espacio en la estructura, para que la puerta se eleve verticalmente, dejando libre el vano preciso y para alojar la estructura se ha recurrido, como excelente solución, a una disposición en la que el giro tiene lugar alrededor de un eje horizontal colocado en la parte superior de la puerta; la puerta abierta queda formando un dosel por la parte exterior del hangar, que aumenta la superficie utilizable cubierta; un esquema del mecanismo puede verse en la figura 49,

¹ Véase el número anterior, pág. 205.

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

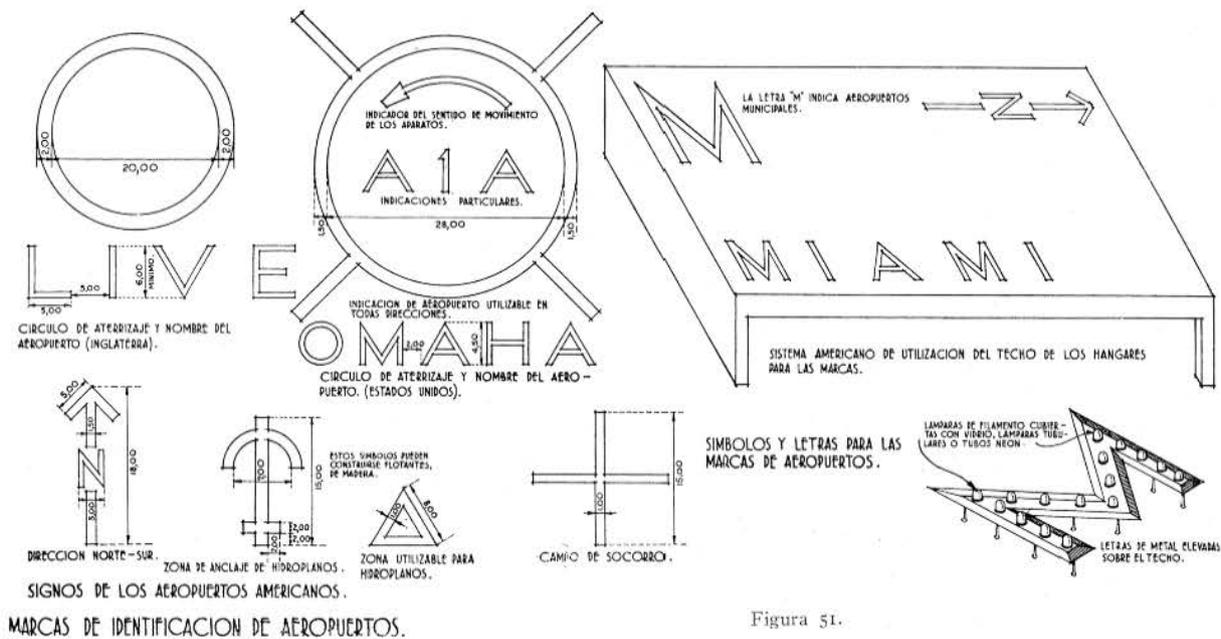


Figura 51.

y una fotografía de las puertas elevadas en un hangar en Cleveland, en la figura 50; el mecanismo es sencillo, pues consiste simplemente en un sinfín que obliga, cuando gira, a que la puerta se eleve, como puede apreciarse en la figura 49; para lograr un cierre completo por la parte inferior, las puertas tienen una goma en la arista inferior; en la fotografía de Cleveland, las puertas son encristaladas, de acuerdo con el sistema americano de iluminación.

Marcas. — Las marcas sirven para que el piloto, en vuelo, pueda saber el nombre y condiciones del aeropuerto que va a utilizar o del camino que ha de

seguir para alcanzarlo; las marcas, por tanto, pueden ser: primero, de aeropuertos; segundo, de ruta. Unas y otras pueden ser utilizables de día o de noche.

En general, las marcas pueden ser:

- Para el aeropuerto:
 1. Identificación y características del aeropuerto.
 - Nombre de la ciudad.
 2. Indicadores de viento.
 3. Límites del campo; obstrucciones.
 4. Dirección del viento.
- Para la ruta:
 5. Indicadores de ruta, con distancia al aeropuerto.

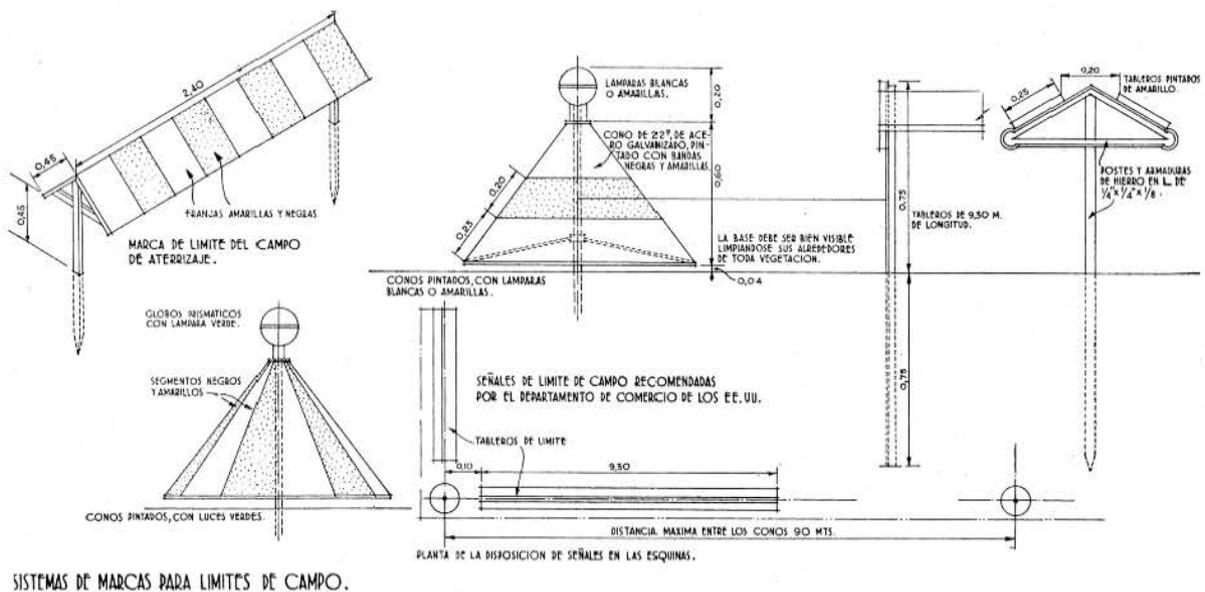
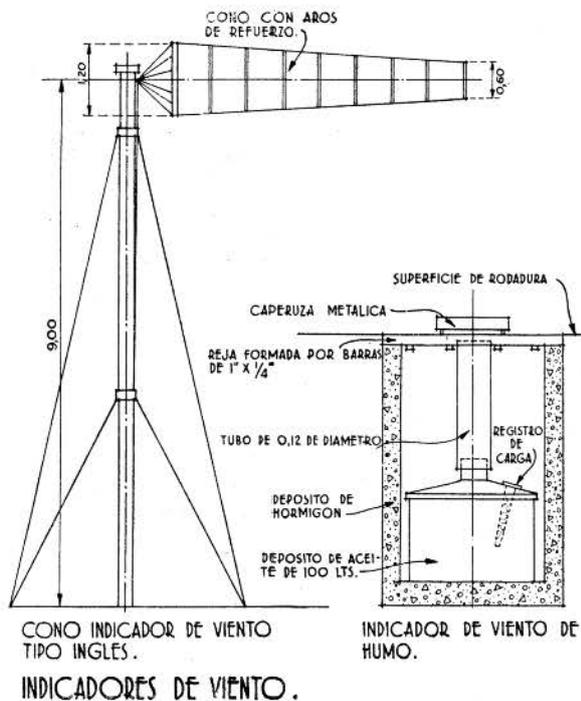


Figura 52.



INDICADORES DE VIENTO.

Figura 53.

6. Indicadores de la situación de aeropuertos auxiliares (auxilio o abastecimiento).

7. Marcas de aeropuertos auxiliares.

Las marcas, de las cuales pueden verse distintos ejemplos en la figura 51, deben ser visibles desde el aire, a una altura, por lo menos, de 600 metros; estas condiciones obligan a unas dimensiones mínimas; por ejemplo, los ingleses fijan los mínimos de 6 metros para el alto y 4,80 metros para el ancho; los americanos construyen las letras de dimensiones comprendidas entre 3 y 9 metros; para el tamaño de 3 metros, la menor separación entre las letras debe ser de 4,50 metros y el grueso de 0,90 metros.

Cuando los letreros y marcas se construyen en el suelo, es preciso limpiar cuidadosamente de hierba y vegetación los alrededores, para que el letrero quede bien visible desde el aire; las letras se construyen abriendo unas zanjas de pequeña profundidad, que se rellenan con mampostería, o mejor con hormigón, igualándose y pintándose de blanco o amarillo la superficie.

En América hay la costumbre de utilizar los techos de los hangares o edificios próximos al aeropuerto, para colocar indicaciones de aeropuerto o de ruta. Las letras y marcas, de los mismos tamaños que se indican para el caso de colocarlos en el suelo, pueden pintarse directamente encima de los techos; este sistema tiene el inconveniente de que las marcas desaparecen cuando nieva; para evitarlo, se construyen letras metálicas que se colocan de 0,30 a 0,60 metros sobre el techo; se suelen pintar de amarillo, color que resulta muy visible en la nieve.

Las distintas marcas de límite de campo y obstrucciones pueden verse en la figura 52; se suelen pintar en franjas alternativamente negras y amari-

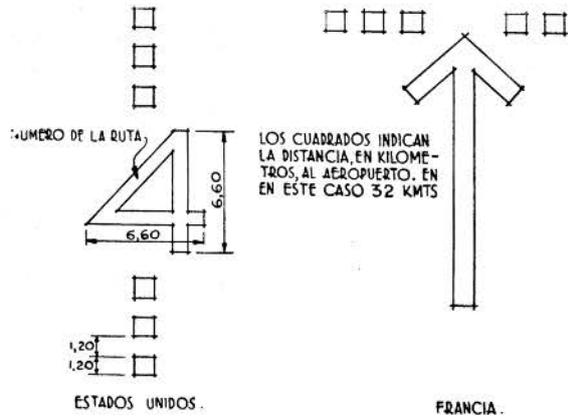
llas; esta combinación de colores resulta la más conveniente para la visibilidad desde el aire; deben colocarse en todo el perímetro del campo, con una separación máxima de 90 milímetros.

Indicadores de viento. — El más corrientemente empleado es la manga a cono de viento, que puede verse en la figura 53; es el tipo de señal de viento que se emplea, por ejemplo, en nuestro aeropuerto de Barajas; para que sean visibles de noche, se emplean mangas que pueden iluminarse.

El humo se emplea, como indicador de viento muy útil, por ser visible desde el aire más fácilmente que la manga; se emplea para producirlo un recipiente que, con la disposición que en la figura 53 puede verse, se coloca en el centro del campo; la elección del color del humo es importante; el humo blanco, bien visible sobre campos oscuros, no lo es en tiempo de niebla y nieve; se puede escoger el combustible apropiado para lograr humo del color obscuro o claro, según cada caso.

Los recipientes son de una capacidad de 100 litros y sirven para doce a quince horas.

Existen otros tipos de indicadores de viento, formados por armaduras metálicas, que, como veletas, se orientan en la dirección del viento; son menos sensibles que los indicadores anteriores, pero tienen la



MARCAS DE RUTAS AEREAS .

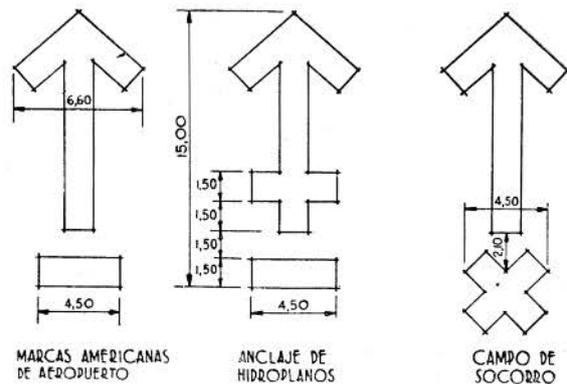


Figura 54.

ventaja de poderse iluminar de noche; sirven para velocidades de viento superiores a 5 ó 6 kilómetros por hora.



Figura 55.

Indicadores de ruta. — Se colocan en el techo de los edificios de gran altura, o bien en zonas convenientes del terreno, para que puedan resultar visibles desde el aire; sirven para jalonar la ruta aérea de servicio regular, orientando debidamente a los pilotos

con respecto a la dirección a seguir y a las características de distancia a recorrer, aeropuertos de abastecimiento o socorro próximos, etc.

Diferentes clases de marcas pueden verse en la figura 54; las precauciones que es necesario adoptar para su construcción son similares a las precisas para las marcas de aeropuertos.

En todas las naciones donde existe un importante servicio aéreo regular, hay un número de rutas aéreas, debidamente establecidas y jalonadas, donde el piloto no solamente puede en cada momento orientarse en forma adecuada, sino que sabe con los elementos con que cuenta para el caso imprevisto de un accidente.

Torres de mando. — El jefe del aeropuerto vigila el movimiento de éste y da las órdenes oportunas desde torres de mando colocadas en un emplazamiento que domine la mayor extensión de terreno y hangares; en estas torres se concentran los aparatos de radio, meteorológicos, altavoces, etc. Las torres suelen construirse con una armadura metálica y cristal, para darlas la mayor visualidad posible. En la figura 55 puede verse un modelo de torre de un aeropuerto americano.

José Luis ESCARIO,
Ingeniero de Caminos.