

# Aerotecnia

## Requisitos básicos, técnicos y legales, para proyectos de Aeropuertos en Estados Unidos

Por ANTONIO RODRÍGUEZ MARTÍN

*El artículo siguiente se refiere esencialmente a los requisitos fundamentales que deben tenerse en cuenta en EE. UU. de Norteamérica para proyectar Aeropuertos. El tema está tratado concretándose al caso norteamericano, y por ello no tiene para nosotros la generalización suficiente. Se ha creído conveniente modificarle algunas expresiones y definiciones, así como introducir algunas notas que hagan referencia a los problemas europeos o a sus fuentes de información. No se ha pretendido, sin embargo, otra cosa que abrir tema al comentario general. Ya anteriormente en la REVISTA DE AERONAUTICA se inició el problema, en fecha en que algunos de los interesantes puntos aquí tratados apenas estaban iniciados; para más adelante nos proponemos insistir en ello y tratar de comparar el punto de vista norteamericano, nacido de una economía y política aérea particulares, con los puntos de vista de otras naciones más similares a la nuestra. Entre tanto el tema, aun limitado a su especial punto de vista, encierra un interés particular; porque pone de manifiesto la estrecha relación entre el Aeropuerto y el porvenir del material y de su empleo, y demuestra que los problemas de organización y concepción de un Aeropuerto son más aeronáuticos que constructivos, incluyéndolos dentro de la especial ingeniería aeronáutica, sin perjuicio de que la ejecución se realice por los especialistas más destacados. Interesa también por otros motivos. Estados Unidos de Norteamérica es el país en que el tráfico aéreo ha encontrado excepcionales posibilidades, y ello ha permitido todos los progresos, aunque también haya contribuido, acaso, a desdibujar el exacto planteamiento del problema de rendimiento.*

Los aeropuertos existentes van resultando anticuados con bastante rapidez. Por esto y por el gran desarrollo que están experimentando las comunicaciones aéreas, una de las necesidades de los tiempos presentes, que hay que resolver con urgencia, es la construcción de más y mejores aeropuertos.

El rápido aumento en peso y velocidad de las aeronaves ha hecho que la mayoría de los aeropuertos construidos no estén en condiciones de ofrecer un buen servicio. El año pasado el "Civil Aeronautics Authority"

(CAA) hizo un estudio muy detallado de los aeropuertos existentes en Estados Unidos, que enseña que ni uno solo de ellos cumple con los mínimos requisitos para servir como aeropuertos terminales de primera clase y que solamente 36 satisfacían las condiciones "standards" establecidas para ciudades de más de 25.000 habitantes situadas a lo largo de las líneas aéreas. También se encontró que son necesarios 3.500 aeropuertos para servir adecuadamente el país y que solamente existen 2.200.

El Ejército y la Marina, aparte de sus exclusivas construcciones, consideran necesario usar muchos de los aeropuertos municipales. Este plan nacional-militar obliga a los Municipios a que sus aeropuertos cumplan las condiciones necesarias para atender al mismo tiempo los servicios militares y comerciales. Estas condiciones "standards", o plan de mínimas necesidades, debe ser preparado por las autoridades técnicas competentes, civiles y militares, según las circunstancias y caso particular de cada nación. En España sería actualmente el nuevo Ministerio del Aire.

El objeto de este trabajo (que dedicamos a los compañeros de la nueva Dirección General de Infraestructura, hija legítima de la antigua Comandancia Exenta de Ingenieros) se limita a contestar en términos generales a la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los requisitos básicos para proyectar aeropuertos modernos?

### REQUISITOS TECNICOS BASICOS

Primeramente, en los Estados Unidos ningún aeropuerto municipal debe proyectarse sin pasar por las oficinas del CAA y las militares correspondientes. También se recomienda establecer contacto con los "Planning Commission" (especie de Sociedades como las de Amigos del País de nuestro Carlos III), y, naturalmente, en el caso de ciudades servidas por una o más líneas de transportes comerciales, con los Directores de dichos servicios.

**Clasificación de aeropuertos.**—La CAA ha clasificado, provisionalmente, los aeropuertos en cuatro categorías (véase tabla 1). Desde la clase I, pequeños aeropuertos para comunidades de 5.000 habitantes, a la clase IV, grandes terminales en los centros metropolitanos. Esta clasificación es solamente para ser usada en los proyectos y está pendiente de una revisión final.

Una equivocación muy frecuente en el pasado ha sido las elecciones del lugar de emplazamiento de un aeropuerto sin tener en cuenta las futuras expansiones. El resultado ha sido que muchos aeropuertos no pueden ser ampliados para satisfacer las necesidades presentes y tienen que ser reemplazados por nuevos campos en lugares adecuados para los nuevos requisitos y para futuras ampliaciones, dentro, naturalmente, de gastos razonables. La ordenación de servidumbres es por esto indispensable.

El aeropuerto ideal para la clase I sería de 0,65 kilómetros cuadrados, situado de manera que permita futuras expansiones hasta llegar a 2,6 kilómetros cuadrados por la sucesiva adición de superficies adyacentes de 0,65 kilómetros cuadrados. El campo mínimo para la clase I se presenta en la figura 1.<sup>a</sup>, y sus expansiones finales para llegar a la clase cuarta se observan en la figura 2.<sup>a</sup>. Pocas comunidades, excepto aquellas de grandes praderas, estarán en condiciones de alcanzar el ideal, y aun en el caso de excepción, los vientos dominantes u otras condiciones obligarán a separarnos de este tipo ideal. El lugar para emplazamiento resultará casi siempre un compromiso entre el ideal y las condiciones físicas y económicas. La figura 1.<sup>a</sup>, que corresponde a los tipos cuadrangulares o circulares, no es general, porque en casos particulares

los vientos dominantes, cuyas direcciones determinan el sentido de las pistas, nos darán la forma especial del aeropuerto.

Hay que tener presente las comunicaciones ordinarias a los centros de población. No deben estar situados a largas distancias (diez kilómetros como máximo) de la periferia de las ciudades, y deben estar unidos a éstas por muy buenos caminos. Las comunidades pequeñas deben tener presente las comunicaciones a las líneas aéreas existentes, y las grandes, sus relaciones con los aeropuertos de la región. La CAA establece que para seguridad del tráfico aéreo deben ser 9.600 metros la distancia mínima entre los centros de los campos de los aeropuertos importantes (1).

**Obstrucciones alrededor de los aeropuertos.**—La longitud del área de aterrizaje se mide con planeo de 1/20 para la clase I y de 1/30 para los grandes aeropuertos. Para las pistas que deben ser usadas en aterrizaje sin visibilidad es necesario contar con 1/40 a partir de 1.370 metros del comienzo de la pista. Por tanto, una obstrucción de 50 metros de altura en la zona inmediata a una pista, cerca de los bordes de un gran aeropuerto, necesitará un aumento de 1.500 metros en la longitud de la pista. El sector de arribada se define como un trapecio, teniendo una anchura de 300 metros en los bordes del aeropuerto y 1.200 a la distancia de 3.200 metros.

Un aeropuerto que cuente con pistas de 1.220 metros y que esté construido en forma que permita aterrizajes en seis direcciones necesita una extensión igual a la de un círculo cuyo radio sea de 610 metros, o sea, aproximadamente, 121 hectáreas. Las áreas de acceso seguras deben ser igual a 1,5 kilómetros de largas por 150 metros de ancho para cada una de las direcciones de aterrizaje, lo que requiere un aumento de 142 hectáreas. Además se necesitan, aproximadamente, unas 21 hectáreas para las construcciones de caminos y parques de automóviles, etc. Por tanto, un total de 313 hectáreas son necesarias para un aeropuerto terminal.

El área necesaria puede ser reducida a un mínimo estudiando detenidamente el trazado. En otros tiempos se colocaban las edificaciones en los extremos del campo, a causa de no existir los modernos equipos para el vuelo a ciegas. La radio de señales, alineada con pistas de mayores dimensiones, ha eliminado los peligros. Los trazados pueden hacerse ahora de manera que las construcciones estén colocadas en lugares seguros y estratégicos.

El aeropuerto de North Beach, en Nueva York, tiene una superficie total de 228 hectáreas, con las pistas siguientes: una de 1.829 × 61 metros, otra de 1.524 × 61 metros, otra de 1.372 × 43,82 metros y otra de 1.067 × 43,82 metros. Los aviones de transporte usados actualmente requieren 550 metros; el resto queda de seguridad. Cuando los instrumentos de aterrizaje se perfeccionen podrán emplearse mayores ve-

(1) Las prescripciones internacionales nos son relativamente poco concretas. Cada nación tiene su criterio particular. En lo que interesa a Europa, un resumen de estos criterios puede deducirse de las publicaciones del Instituto Alemán de Tráfico Aéreo, dirigido por el doctor Ingeniero Pirath. (N. de la R.)

locidades; con mayor masa y velocidad, la mayor longitud de pista estará, además, justificada. La de 1.829 metros está en dirección del viento dominante; la de 1.524 está en la del viento más fuerte. Serían suficientes 43,82 metros de anchura; se han ampliado hasta 61 metros para atender a cualquier movimiento lateral producido por vientos cruzados. La radio está colocada en la pista de 1.524 metros, porque en dicha dirección soplan los vientos peores.

Pensando en el futuro, el Municipio de San Francisco ha proyectado la ampliación de las pistas de su aeropuerto según el siguiente plan: la pista principal será de 1.528 × 91,44 en dirección N.-S.; la E.-O., para ser usada con aparatos de aterrizaje, 1.829 × 122 metros, y la de vientos cruzados, de 1.280 × 91,44 (1).

**Algunas consideraciones meteorológicas.**—Las condiciones meteorológicas tienen una gran importancia en la elección de un aeropuerto. En las grandes alturas la baja de la presión barométrica exige el aumento de la longitud de las pistas y de la zona que debe estar libre de obstáculos.

El efecto de altitud se detalla en la tabla siguiente:

Elevación en metros sobre el nivel del mar	LONGITUD DE LAS PISTAS EN METROS			
	Clase I	Clase II	Clase III	Clase IV
Nivel del mar	550	765	1.070	1.370
610	622	866	1.213	1.481
1.220	712	990	1.387	1.600
1.830	820	1.140	1.592	1.728
2.440	951	1.326	1.850	1.875
3.050	1.116	1.551	2.170	2.170

*Nota.*—El efecto de altitud es menos señalado en el caso de la clase IV, ya que se supone que las aeronaves cursadas en esta clase de aeropuertos están equipadas con motores potentes.

El Ingeniero Stach von Golzheim, consultor de la Panagra (Perú), dió los siguientes incrementos en %:

Altura sobre el nivel del mar	Incremento
1.000 .....	20 por 100
1.500 .....	30 —
2.000 .....	50 —
2.500 .....	80 —
3.000 .....	100 —

que resultan superiores a los correspondientes en la tabla anterior.

Debe investigarse cuidadosamente las nieblas, vientos y humos que pudieran afectar la visibilidad de las proximidades del aeropuerto. Los vientos deben ser estudiados con mucho detalle, porque la dirección de los dominantes determina las pistas y el emplazamiento de las edificaciones. La temperatura influye también en las dimensiones de las pistas, porque en regiones de

(1) En cuanto a la distribución de pistas, y, por tanto, la longitud total de las mismas, deben tenerse muy en cuenta las condiciones de cada país, que en el nuestro, y en general en Europa, no son las de Estados Unidos. Por razones económicas no es fácil prodigar las pistas como convendría teóricamente; así, el Instituto Alemán de Tráfico busca la solución en un mejoramiento de la superficie total de terreno por un adecuado cultivo. Por otra parte, el exceso de pistas se traduce en nuevos problemas del movimiento de aviones en tierra. Y, finalmente, las pistas no favorecen el despegue de formaciones militares por la diferencia que suponen entre ellas y el resto del terreno. (N. de la R.)

altas temperaturas la densidad del aire decrece, necesitándose, por tanto, pistas más largas al decrecer el ángulo de subida (1).

**Aeronaves.**—En la determinación de las características de un aeropuerto es factor esencial la aeronave, y la práctica ha establecido el considerar a ésta de acuerdo con su carga-alar y carga-potencia.

La velocidad crítica mínima ("staling velocity") de una aeronave aumenta con la carga-alar; por consiguiente, la velocidad necesaria antes del despegue es mayor y la mínima de seguridad que debe mantenerse en los aterrizajes es también mayor. En general, cuando la carga-potencia aumenta el ángulo de subida decrece, y, por tanto, se necesita una pista más larga. La tendencia actual en la construcción se va separando de los tipos de pequeñas aeronaves con ligera carga-alar y tiende al transporte a grandes velocidades con pesada carga-alar, alta velocidad de aterrizaje y baja velocidad de subida.

**Topografía y condiciones del subsuelo.**—Los mejores emplazamientos son aquellos que se separan de los niveles muertos para permitir el adecuado drenaje, sin exagerados desniveles, y donde las pistas con apropiadas dimensiones pueden ser construídas económicamente. Los lugares de formación natural en anfiteatro o aquellos situados en ondulaciones suaves en varias direcciones ofrecen ventajas en ambos sentidos para drenaje y pistas. El aeropuerto ideal sería aquel en el cual resultara buena y segura toda su área para el uso de las aeronaves; lo que muchas veces es fácil conseguir.

Los drenajes naturales son muy deseables, porque disminuyen el capítulo caro de los drenajes artificiales. El tipo de subsuelo tiene que ser estudiado detenidamente. El más recomendable es aquel que contiene una razonable cantidad de materiales porosos, como gravas, arenas o partículas de granito, combinados con un apropiado material aglomerante. No se recomiendan las plásticas, y los que tienen índices pequeños de soporte cuando están húmedos. Es esencial que el aeropuerto se use en tiempo de lluvias; por tanto, deberá determinarse la altura máxima de agua en el terreno. Lugares con una alta línea de agua son muy costosos para drenar. Un capítulo caro en la realización de la Base Aérea de Tablada resultó la construcción de pisos, de hangares, talleres y, en general, de todas las edificaciones, así como la evacuación de las aguas residuales, por encima de la línea de agua, en las máximas inundaciones registradas del Guadalquivir.

Otros factores a considerar son: la obtención de materiales que no existan en la zona del emplazamiento elegido; el suministro de energía eléctrica, de agua, y la evacuación de las aguas residuales.

El subsuelo de un aeropuerto debe soportar las cargas en todo tiempo y condiciones. Por tanto, insistimos en la necesidad de estudiar sus características,

(1) Las condiciones meteorológicas constituyen hoy día uno de los puntos que determinan la organización y también la posibilidad o prohibición de un aeropuerto. Aparte de los estudios de estabilidad o turbulencia de las líneas de corriente según la constitución orográfica de los alrededores, que se realizan por investigaciones aerológicas incluso en el túnel aerodinámico, gran parte de los factores meteorológicos son estadísticos. Por esto, las necesidades del tráfico aéreo influyen hoy día en la distribución técnica de la red meteorológica de los Servicios Nacionales, tratando de buscar las zonas críticas a las que debe atenderse en la protección del vuelo. (N. de la R.)

y si el terreno natural tiene un bajo soporte, debe estabilizarse en orden a reducir el coste de las pistas.

**Drenaje.**—Como el drenaje puede resultar un factor de mucha importancia en el coste total de un aeropuerto, es necesario estudiar atentamente los diferentes lugares elegibles. Como base para este estudio deben observarse todos los datos posibles sobre lluvias y desagües de la región. En zonas de grandes nieves debe estudiarse el efecto combinado de grandes lluvias y deshielos. Otros dos factores son: la relativa permeabilidad de las varias superficies que han de ser drenadas, los desniveles para los desagües y la proporción de desagüe sobre estas superficies.

La permeabilidad de las superficies pavimentadas se considera despreciable. Como práctica general, pueden considerarse que estas superficies desaguan el 85 por 100 del total de agua de lluvia. En las zonas no pavimentadas es necesario estudiar la permeabilidad del suelo para conocer la cantidad de agua que hay que considerar para el desagüe. El lugar ideal es aquel en que la mayor parte del drenaje puede ser atendido sobre superficie sin que se produzcan erosiones; pero algún drenaje es siempre necesario, particularmente en los grandes campos de aviación.

Elegido el lugar, se procederá a una nivelación preliminar de toda la zona, incluyendo las reservas del campo. Esto es muy necesario para evitar excesivos gastos futuros. En las zonas de pistas, los desniveles no deben exceder al 1,5 por 100, si esto no resulta excesivamente caro. Por el contrario, deben evitarse terrenos perfectamente horizontales, excepto si son muy porosos, con arenas o gravas. Un 1 por 100 facilita un rápido desagüe, sin presentar problema su entretenimiento.

En general, deben evacuarse todas las aguas de superficie en las pistas y emplazamientos de edificios.

**Pavimentos.**—Césped firme puede ser usado para aeropuertos con un tráfico ligero y limitado en regiones donde el suelo y el clima sean favorables para su buen mantenimiento. El tipo usado dependerá de la región. Una mezcla de 80 por 100 de "Kentucky blue" y 20 por 100 "red top" da muy buenos resultados en el norte de los Estados Unidos, y en las zonas del Sur se emplean combinaciones de "Kentucky blue" y "Bermuda" (1).

Pistas pavimentadas se requieren para todos los aeropuertos, con excepción de los de la clase I. El tipo de pavimentación debe ser determinado según las condiciones del subsuelo, cargas a soportar, vida probable, materiales y equipos disponibles, tráfico presente y futuro, factores meteorológicos, como precipitación y temperatura, y presupuesto disponible. En general, deben seguirse las normas empleadas en la construcción de carreteras.

Los tipos de superficies duras que han sido usados con éxito son: arena y arcilla, gravas, conchas trituradas, estabilización con aceites bituminosos o cemento, macadán, arena-asfalto, calizas, hormigones asfálticos y tratamiento asfáltico de superficie.

Deben evitarse las superficies ásperas por el excesivo desgaste que produce en los neumáticos. Para las

de hormigón, las más recomendables son las de superficies lisas tratadas con la llana; las superficies bituminosas deben terminarse con arena.

El color y la reflexión deben tomarse en cuenta para los vuelos nocturnos. Deben preferirse los colores claros, con altos grados de reflexión.

Los peraltes y rasantes deben ser suficientes para evacuar las aguas de superficie, especialmente en lugares donde hiela o nieva. Los peraltes recomendados por la CAA varían de 22 centímetros en pistas de 30 metros de ancho a 44 centímetros en las de 60 metros.

Todas las pistas deben tener una zona en sus terminales que deben ser mantenidas limpias de partículas o polvo en todo tiempo.

**Efectos en las hélices de metal de las partículas sueltas en las pistas.**—Las averías en los bordes de las palas dan el mayor contingente de fracasos estructurales en las hélices. Las estadísticas enseñan que en los años 36 y 37 se produjeron en los Estados Unidos seis accidentes en líneas aéreas por averías en los bordes de las palas de hélices metálicas. En otros vuelos en el mismo período hubo 17 casos de averías en los bordes que causaron cinco accidentes. En 1938 se registraron cuatro casos en líneas y tres en otros vuelos. Prácticamente, en todos los casos mencionados la causa principal fué la aparición de mellas en las palas, producidas por partículas sueltas en las pistas. El tiempo en que probablemente ocurre esto es durante el período inicial del despegue, sin que el piloto pueda conocerlo. Buenas pistas y mejor entretenimiento son los únicos remedios.

**Cargas.**—Las cargas a considerar son estáticas y dinámicas. Cuando una aeronave está en reposo, su peso bruto se supone distribuido entre las dos patas del tren de aterrizaje, aunque el patín o rueda de cola pueda también soportar parte de dicha carga. Los pesos a considerar pueden verse en la tabla I.

No existe un acuerdo completo entre la magnitud de la carga dinámica a considerar para el cálculo de pavimentos; pero la CAA recomienda un factor 2 como coeficiente de impactos para ser aplicado a la carga estática.

La discrepancia que existe en la tabla I entre el factor 2 de impacto y el de 1,25 a 1,5 que se recomienda para ser aplicado por unidad de superficie, es el resultado de la flexión de los neumáticos bajo el choque de aterrizaje.

**Aspecto militar.**—Los datos que presentamos están basados en los tipos comerciales presentes o en proyecto. Cuando se trate de aparatos militares, las características comerciales pueden ser excedidas, ya que los tipos militares no sufren limitaciones por consideraciones económicas. Por consiguiente, los aeropuertos militares pueden hacer variar algunos de los datos suministrados en las tablas.

**Iluminación.**—Deben evitarse en las zonas de aterrizajes los cambios bruscos de intensidad y las zonas de sombras. Preparando perfiles del terreno que concurren en los faros se puede determinar si la iluminación alcanzará a cada punto de la superficie. El sistema de cables debe ser subterráneo para faros y balizas. Se recomienda una iluminación amplia para las

(1) Para datos similares en Europa, véase "Flughafenanlagen" (Ing. von Beyer-Desimon.—Berlín). (N. de la R.)

plataformas de servicio y carga, pistas de servicio y zonas de aparcamiento.

Resumen y orden de los trabajos necesarios en la construcción de aeropuertos (1):

a) Se limpia la superficie de todo género de obstáculos.

b) Se nivela. Si hay necesidad de arar el campo, deberá hacerse siempre en dirección normal a la pista.

c) Drenaje. Suprimido solamente en el caso de que las investigaciones previas del subsuelo den una prueba clara y terminante de que la capacidad de absorción es suficiente para no ablandar la superficie.

d) Cercado del campo con altura suficiente, para evitar que el ganado y personas ajenas se introduzcan en el mismo. Las esquinas deben estar bien marcadas.

e) Construcción de pistas y andenes.

f) Edificaciones, indicadores de vientos, facilidades de tráfico, etc., según cada caso particular.

g) Alumbrado. Luces de límite rojas, verdes y blancas. Faros fijos para iluminar la superficie del campo. No deben producir resplandores.

Faros rotativos.

Todos los edificios y obstáculos cerca del campo deberán tener luces rojas en los puntos más altos.

Iluminación del indicador de vientos.

**Numeración de las pistas.**—Para simplificar el tráfico aéreo y tener fácil referencia, las pistas deben numerarse con un procedimiento "standard".

El final norte de la pista más aproximada a la dirección N.-S. debe señalarse número 1, y las siguientes deben ser numeradas en dirección contraria a las agujas de un reloj—dirección de vuelo—alrededor del aeropuerto. Donde existan pistas paralelas deben ser numeradas consecutivamente y siguiendo el orden marcado. La base del número estará hacia el final o borde del aeropuerto para evitar confusiones entre el 6 y 9, y servirá, además, para indicar la dirección de la pista.

En el caso de pista pavimentada, el numeral deberá ir pintado en blanco, amarillo-cromo o negro, seleccionando el color que ofrezca mayor contraste con el pavimento. En las no pavimentadas, los números serán contruados en hormigón, grava o apropiado material embebido en la tierra, de manera que su superficie quede igualada con el terreno.

Un círculo rodeará cada numeral. En las pistas no pavimentadas, o en grandes áreas de pavimentos que no sean pistas, una flecha de 7,62 metros de largo y 1,22 de ancho deberá unirse al círculo en la dirección de la pista.

Los números serán de 7,62 de largo y 1,22 de ancho, y el círculo tendrá 15,25 metros de diámetro con 1,22 de banda.

## REQUISITOS LEGALES BASICOS

**Facilidades para la navegación.**—Ciertos factores en la ciencia de la navegación aérea tienen una marcada influencia en el plan del desarrollo de los aeropuertos. La protección del vuelo ha encontrado varias aplicaciones de la radio, cuyos equipos en los aeropuer-

tos deben estar colocados de manera que la arribada, en las condiciones más adversas de tiempo, sea guiada con seguridad por los aparatos correspondientes en las aeronaves. El sector de recalada en aterrizajes sin visibilidad requiere que no puedan presentarse obstrucciones por estructuras o montes situados en las cercanías del aeropuerto; y esto origina muchas veces conflictos entre intereses encontrados, que pueden conducir a litigios duraderos y costosos. La preparación de un plan comprensivo para desarrollo de aeropuertos envuelve, por tanto, un examen de nuevas tendencias sociales, nuevos hábitos y progresivas necesidades.

Cuando las distancias son relativamente grandes entre centros importantes de población, y cuando el clima y el uso de los servicios de aviación son favorables, las condiciones son muy propicias para los grandes desarrollos. Los vuelos privados son una función del carácter de la región y de sus habitantes. Los factores que favorecen el hábito de volar se encuentran más en los vuelos privados que en los servicios de transportes. Como ejemplo, tenemos en California que los 3/4 de los 4.722 pilotos registrados poseen licencia privada ("solo" licence). Más aún: estos 3.318 pilotos privados componen cerca del 13 por 100 de todos los pilotos de los Estados Unidos, aun cuando California posee solamente el 4 por 100 de la población nacional.

**Problemas locales y de vecindad.**—Las relaciones de un aeropuerto con la comunidad que sirve nos fija la situación de cada uno, según el plan general de distribución de aeropuertos. La mayor parte de los existentes han sido colocados fuera de los distritos comerciales e industriales y generalmente lejos de las zonas urbanizadas. Por otra parte, su utilidad depende del tiempo que se emplee en trasladarse a ellos desde el centro urbano.

En el caso de ciudades de medianas dimensiones o aisladas ha sido posible encontrar emplazamientos en lugares rurales y que están, sin embargo, dentro de los diez a treinta minutos de tiempo automóvil del centro de la ciudad. En las zonas metropolitanas, los emplazamientos muy cercanos al centro han resultado dentro de distritos residenciales; esto ha producido conflictos de intereses encontrados. Los propietarios reclaman, justificadamente, de los ruidos, polvos (donde las pistas no están pavimentadas), el peligro de daños y perjuicios por caídas de aeronaves, y problemas de tráfico en donde antes gozaban de quietud y apartamiento; estos son efectos que deprecian la propiedad. El aeropuerto, a su vez, sufre los peligros producidos por edificios y estructuras en las cercanías, que acortan la efectividad de las pistas y resultan además obstáculos a los vuelos; responsabilidades por daños y en caso de caídas, y la inhabilidad de poder ampliarse económicamente el aeropuerto en caso necesario. Todos estos inconvenientes han decidido el abandono de algunos pequeños aeropuertos por imposición de la vecindad, o en la destrucción de estructuras en las cercanías, a petición de los aeropuertos.

Mientras tanto, existen otros factores por los cuales el aeropuerto y la comunidad se benefician mutuamente. Los terrenos con servidumbre inmediatos a un aeropuerto son frecuentemente adecuados para industrias y servicios de aviación; esto no implica nece-

(1) Como desarrollo elemental del tema puede verse "Aviation and the Aerodrome" (Lewies-Dale.—Londres). (Nota de la R.)

sariamente perjuicios para la comunidad; los procesos industriales de aviación no son productores de humos o ruidos. Las dimensiones del aeropuerto garantizan adecuado espacio libre, suficiente proporción entre zona verde y habitada, y las fábricas y talleres dan

vida a la comunidad. Esto produce también un favorable y secundario resultado, creando demanda de casas y negocios. El exceso de propiedad que usualmente se adquiere como parte del aeropuerto situado en un suburbio residencial, puede generalmente ser utilizado

T A B L A I

Cuadro resumen de las características que intervienen en los proyectos de aeropuertos

	CLASE I	CLASE II	CLASE III	CLASE IV
Tipo de comunidad.....	Pequeñas, no comprendidas ni propuestas en las rutas de las líneas aéreas, incluyendo pueblos hasta 5,000 habitantes.	Pueblos grandes en las presentes o futuras líneas aéreas. Población de 5,000 a 25,000 habitantes.	Ciudades importantes en líneas aéreas secundarias y en varios puntos intermedios de las líneas principales. Población de 25,000 a varios centenares de miles de habitantes.	Centros industriales de la nación, nudos de importantes líneas aéreas y terminales en los sistemas de comunicaciones aéreas.
Tipo de aeronaves que pueden acomodarse .....	Pequeño, hasta un peso máximo de 1,812 kg., o aquellos en que carga-ala X carga-potencia no exceda de 435.	Grandes privados y algunos pequeños de transporte con peso bruto entre 1,815 a 6,804 kg., o aquellos en que la carga-ala X carga-potencia está comprendida entre 435 a 525.	Transportes de los tipos actuales entre 4,536 a 22,680 kilogramos de peso bruto, o aquellos en que carga-ala X carga-potencia resulte igual o superior a 525.	Los mayores en uso o en proyecto.
Longitud de las pistas de aterrizaje (1) .....	550 a 765 metros.	765 a 1,070 metros.	1,070 a 1,375 metros.	1,375 o más metros.
Anchura .....	95 metros.	155 metros.	155 metros.	155 metros.
Longitud pavimentada .....	No.	765 a 1,070 metros.	1,070 a 1,375 metros.	1,375 ó más metros.
Anchura de la parte pavimentada .....	No.	46 metros para uso nocturno, y 31 cuando es usado durante el día solamente.	62 metros usando instrumentos para aterrizaje; 46 para uso nocturno y 31 para el día solamente.	Lo mismo que en la clase III.
Número de pistas de aterrizaje, determinado porcentaje de vientos, incluyendo calmas (2) .....	75 por 100.	80 por 100.	90 por 100.	90 por 100.
Distancia entre ejes de pistas paralelas .....			213 metros (mínimo).	213 metros (mínimo).
Distancia entre ejes de las pistas y edificaciones o plataformas de servicio y carga (usando instrumentos de aterrizaje) .....		213 metros (mínimo).	213 metros (mínimo).	213 metros (mínimo).
Distancia entre ejes de las pistas y edificaciones o plataformas de servicio, carga o parqueo (sin uso de aparatos de aterrizaje) .....		76 metros (mínimo).	76 metros (mínimo).	76 metros (mínimo).
Rasante transversal de las pistas .....	2,5 por 100 (máximo).	2 por 100 (máximo).	1,5 por 100 (máximo).	1,5 por 100 (máximo).
Rasante longitudinal uniforme .....	2 por 100 (máximo).	2 por 100 (máximo).	1,5 por 100 (máximo).	1,5 por 100 (máximo).
Rasantes en intercepciones (3) .....	Menos 1,5 por 100 a más 1,5 por 100 (máximo).	Menos 1,25 por 100 a más 1,25 por 100 (máximo).	Menos 1 por 100 a más 1 por 100 (máximo).	Menos 1 por 100 a más 1 por 100 (máximo).
Carga estática para el cálculo de pavimento basada en los tipos de aeronaves presentes. La carga se considera igualmente distribuida entre las dos ruedas o juego de ruedas .....	No se recomienda pavimentación.	13,500 kg.	27,200 kg.	45,400 kg.
Futuro probable en diez años, de máxima carga estática, para cálculo de pistas sobre drenajes .....	No se recomienda pavimentación.	27,200 kg.	68,000 kg.	136,000 kg.
Coefficiente de choque (impacto) aplicado a la carga bruta (4) .....	No se recomienda pavimentación.	2.	2.	2.
Coefficiente de choque por unidad de área (4) .....	No se recomienda.	1,5.	1,5.	1,5.
Probable presión estática de ruedas .....	De 0,7 a 1,8 kg. por cm <sup>2</sup> .	De 1 a 3,5 kg. por cm <sup>2</sup> .	De 2,1 a 5,3 kg. por cm <sup>2</sup> .	De 3,5 a 7 kg. por cm <sup>2</sup> .
Programa de necesidades.....	Drenaje, cercado, balizaje, indicador de vientos.	Balizaje, indicador de vientos, drenaje, iluminación, hangares, talleres, combustible, cercado del campo, oficina de información meteorológica.	Como anterior más estación meteorológica y de protección del vuelo con radiogoniómetro, torre de control del tráfico.	Como clase III.

(1) Todas las cifras están basadas en las condiciones al nivel del mar. Para mayores alturas véase Tabla II. Se recomienda pavimentación para el total de las pistas de las clases II, III y IV.

(2) Las pistas serán suficientes en número para permitir aterrizajes o despegues dentro de los 22,5° de la verdadera dirección, según los porcentajes indicados, de vientos sobre 9 km. por hora, basándose en estadísticas de un mínimo de diez años del Servicio Meteorológico, si es posible.

(3) Intercepciones longitudinales de rasantes de pistas deben unirse con curvas verticales por lo menos de 152 metros. Se recomienda que la distancia entre sucesivas intersecciones no sea inferior a 300 metros. En general, no debe hacer cambios de rasantes en más de 1,2 por 100 en cada 30 metros de intervalo.

(4) La corrección de impactos puede ser hecha en términos de peso bruto o carga aplicada por unidad de superficie, pero no deben usarse ambas al mismo tiempo.

como parque o zona de recreo para beneficios del vecindario (1).

En los aeropuertos importantes, el volumen de tráfico rodado de viajeros y carga puede constituir un problema. Por la índole del servicio, no puede seguirse la regla de distribuir el tráfico durante el día, especialmente en los terminales, por la necesidad de organizar el servicio a base de ganar el "día de negocio" que se supone conseguir con el uso de los viajes aéreos. Por tanto, el tráfico rodado de ida y vuelta tendrá períodos de grandes congestiones durante ciertas horas del día, y es posible que estas concentraciones coincidan con las del centro de las ciudades. El real y positivo problema es el de mover vehículos y personas con rapidez y convenientemente; por ejemplo, entre Los Angeles y San Diego el viaje aéreo es de una hora; pero a esta hora hay que añadir hora y cuarto para ir o venir de los dos aeropuertos; el total entonces resulta casi igual al que se emplea en hacer el viaje en automóvil entre dichos lugares.

Reconociendo estos inconvenientes, se propone colocar dentro de límites prácticos un aeropuerto "tributario" (feeder) dentro de los diez minutos de tiempo en automóvil de cada sección habitable del distrito, y de estos aeropuertos, trasladarse por aire a los terminales.

**Problemas no resueltos.**—La altura límite de vuelos en los alrededores de los aeropuertos es asunto aún no resuelto. El problema se presenta por una o varias de las dificultades siguientes:

1. Inadecuada longitud de pista.
2. Vuelo sobre propiedades inmediatas al aeropuerto.
3. Inconvenientes producidos por ruidos, polvo, pánico...
4. Estructuras en las proximidades que por su altura puedan influir en la seguridad de la navegación.
5. Inapropiada elección del emplazamiento del aeropuerto.
6. Inapropiado desarrollo o uso de las tierras adyacentes a los aeropuertos propiamente situados.

Una solución del problema del vuelo sobre los alrededores de un aeropuerto sería adquirir suficiente propiedad para garantizar los ángulos de subida y planeo dentro de los límites del aeropuerto. Según la CAA, para pistas con instrumentos de aterrizaje se fija su longitud con la regla de un metro de descenso por cada 40 metros de la pista. Dejando seis metros libres por encima de una construcción de 15 metros de altura serán necesarios  $21 \times 40$ , ó sea 840 metros. A esto hay que añadir el frenado, o "landing run", de unos 670 metros para las mayores aeronaves actualmente en uso; esto hace un total de 1.500 metros (2). Suponiendo que el final de la pista o punto de parada esté a más de 100 metros de los bordes del aeropuerto, se ve que una milla no basta como longitud para las grandes aeronaves. El CAA requiere para la clase IV pistas mínimas de 1.370 metros, que pueden ser incluidas en el aeropuerto de una milla cuadrada. Pistas

de 1.370 metros reducirán la longitud de frenado disponible a 610 metros, lo que dependerá de la colocación de la pista con relación a los bordes del aeropuerto; pero el uso de frenos permite aún más reducciones en condiciones ordinarias. Por tanto, un aeropuerto de una milla cuadrada al nivel del mar será suficientemente extenso, para permitir a las aeronaves, en condiciones atmosféricas normales, volar a más de 21 metros sobre las propiedades adyacentes al aeródromo. Los Tribunales no han fijado aún una altura específica bajo la cual los vuelos cometerían allanamiento. Si se considera como allanamiento alturas mayores de 21 metros, la milla cuadrada no bastaría.

Las dificultades en la mayoría de las ciudades para el establecimiento de aeropuertos, aun para una milla cuadrada, enseña que esta teoría es demasiado cara para resultar práctica. Las otras soluciones de adquirir por compra o expropiación la servidumbre de los terrenos inmediatos son también caras, y en los casos de expropiación se requieren muchas veces procesos largos y costosos. La anulación de los obstáculos dependerá de los beneficios públicos que obtenga la comunidad.

**Reglas sobre altura de edificios.**—La altura de estructuras en las vecindades de un aeropuerto debe estar sujeta a ciertas reglas municipales, ya que todos aceptan que los transportes aéreos han aumentado las conveniencias, seguridad y bienestar del público. Ya en épocas anteriores a la aparición de los servicios de comunicaciones aéreas algunos Municipios dictaron Ordenanzas fijando la altura de edificios en las ciudades. En ciertos casos se originaron litigios, que fueron resueltos por los Tribunales de Justicia. Como caso interesante, presentamos el punto de vista de la Corte Suprema Judicial de Massachussets (Welsch vs. Swelsch vs. Swasey, 193, Mass 364) sosteniendo, hace ya treinta años, el derecho de los legisladores para delegar en los Municipios el poder regular la altura de los edificios. El mismo Tribunal expresó también la opinión de que ciertas reglas sobre altura de edificaciones en una plaza pública pueden ser impuestas por el Municipio sin compensación (Attorney General vs. Williams, 174, Mass 476).

Sin embargo, parece que los Tribunales no aceptan muy fácilmente la extensión de esta jurisprudencia al caso particular de aeropuertos. El acta de Maryland, habilitando a los Municipios a crear zonas para la protección de aeropuertos, ha sido recientemente declarada inconstitucional, por considerarse beneficiosa para intereses particulares, ya que la regla de límite de altura no puede basarse solamente en la mera existencia de un aeropuerto dentro de la zona o demarcación, sino como una regulación apropiada a toda la zona afectada, sin considerar solamente el aeropuerto. El aspecto cambia cuando el aeropuerto obedece a una necesidad nacional fijada en un plan general de servicios aéreos. En este caso, el aeropuerto puede ser reconocido como una necesidad básica de la comunidad, como lo son una calle o una estación de ferrocarril. Por tanto, si el aeropuerto es de necesidad pública, nadie, aun los más reaccionarios, denegará el derecho de policía para regular la altura de edificios en los alrededores de un aeropuerto.

(1) Uno de los ejemplos más característicos de estas consideraciones es Tempelhof (Berlín). (N. de la R.)

(2) Véase "Summary of master planning of airport" (Los Angeles, 1940), en que la norma es  $\frac{1}{40}$  para ángulo de planeo. (N. de la R.)

Claro que hay que suponer que el aeropuerto está propiamente elegido. El remedio natural es proyectar de acuerdo con los demás intereses de la comunidad y obtener la aprobación de las autoridades interesadas, y no esforzarse en obtener protección legal en los que estuvieren impropriamente elegidos.

Es de considerar el uso o desarrollo inadecuado de las propiedades adyacentes al aeropuerto que resulten en perjuicio de éste. Si un aeropuerto está propiamente elegido, con aprobación de todas las partes interesadas, está justificado que se resuelvan estos conflictos con la ayuda oficial.

Los servicios militares tienen, naturalmente, importancia muy decisiva en estos conflictos. Cuando construimos la Base de Tablada nos apropiamos, "manu militari", de una zona adyacente a los terrenos concedidos por el Municipio. Esto motivó multitud de reclamaciones, que pudieron resolverse con facilidad, y sin necesidad de litigios, gracias a la visión y altos entusiasmos del entonces Alcalde, el conde de Halcón, acudiendo a un cambio de propiedades, a lo que debe Sevilla el ensanche de Santo Tomás.

Resumiendo, la solución del problema general envuelve uno o varios de los factores siguientes:

1. Adquisición y arreglos del área suficiente para garantizar un ángulo de planeo conveniente dentro de sus límites.
2. Expropiación o adquisición de derechos de servidumbre en las vecindades.
3. Destrucción de obstáculos existentes por derecho de dominio o por acción judicial.
4. Regulación, con el apoyo de los Municipios, del uso y altura de estructuras en los terrenos adyacentes a un aeropuerto comprendido en un plan oficial.
5. Proyectos que tiendan a evitar conflictos, con una apropiada elección del emplazamiento.
6. Intervención del Gobierno para las necesidades militares o postales.

**Clasificación.**—Los aeropuertos de las líneas aéreas pueden clasificarse en tres tipos:

- a) Principales terminales.
- b) Tributarios.
- c) De pruebas.

**Terminales:** Los de suficientes dimensiones para permitir la segura y eficiente cooperación de las mayores aeronaves de transporte existentes o en proyecto, y colocados convenientemente cerca de los grandes centros de población, actual o potencial.

**Tributarios:** Para aparatos pequeños de vuelos frecuentes que sirven para abastecer los anteriores, en servicio local. Atienden también al servicio de viajeros que hemos visto anteriormente, desde los centros de las grandes poblaciones a los aeropuertos terminales situados en las afueras.

**De pruebas:** Todos los aeropuertos pueden servir para ello, aun cuando pueden construirse para uso exclusivo de la fábrica o laboratorios que los necesiten.

**Vuelos privados.**—Por "vuelos privados" se entiende todo vuelo civil, exceptuando los correspondientes a las líneas aéreas de transportes o necesarios en la industria.

No pueden darse reglas aproximadas sobre el volumen probable de esta clase de vuelos en el futuro,

ya que los problemas técnicos de construcción de los tipos de aeronaves apropiados no ha alcanzado aún una solución estable para poder deducirlas. Ciertos factores, sin embargo, se definen con bastante claridad para justificar el establecimiento de cierto mínimo de requisitos para aeropuertos destinados para esta clase de vuelos.

Un gran incremento en esta clase de vuelos no llegaría a poder compararse al actual uso del automóvil. Por ejemplo, en Los Angeles, un incremento de 100 por 100 significaría 1.200 aeronaves, contra más de un millón de automóviles registrados en dicha ciudad. Pues bien, un aumento doble representaría un problema insoluble con los actuales medios con que cuenta el distrito de Los Angeles para servicios aéreos.

Es evidente que cada propietario de un pequeño aparato no puede mantener un aeropuerto para su uso particular. El empleo de los aeropuertos comerciales o municipales ha sido hasta ahora la natural solución. Varias consideraciones indican que los aeropuertos están mejor atendidos por las Compañías públicas que por Organizaciones privadas. La parte de los puertos marítimos dedicada a las embarcaciones menores puede darnos una idea de lo que pudiera hacerse en el futuro para resolver este problema.

Independientemente de la pertenencia particular de cada aeropuerto, debe ser considerado como de interés público. Cualquier aeronave puede hacer uso de todo aeropuerto en casos de emergencia o necesidad, y todos ellos también pueden ser requeridos para usos militares en caso de necesidad nacional. Más aún: que sea público o privado, un aeropuerto de mucho tráfico debe poseer caminos que lo pongan en comunicación con la comunidad.

Podemos establecer, por tanto, las siguientes bases para los aeropuertos destinados a vuelos privados:

1. Deben establecerse en las comunidades aeropuertos, hangares y pistas para el acomodo permanente del número de aeronaves en uso privado.

2. Deben estudiarse las necesidades futuras con un coeficiente 2 para permitir el rápido aumento de los próximos años.

3. Modificar el espacio necesitado por las consideraciones siguientes:

- a) Limitaciones prácticas pueden hacer preferible varios pequeños aeropuertos, allá donde la población teóricamente exigiría uno de grandes dimensiones.

- b) Aeropuertos para usos especiales serán establecidos donde exista la necesidad presente de usar el espacio reservado para hangares.

4. Revisar todos los planos a medida que cambien las circunstancias.

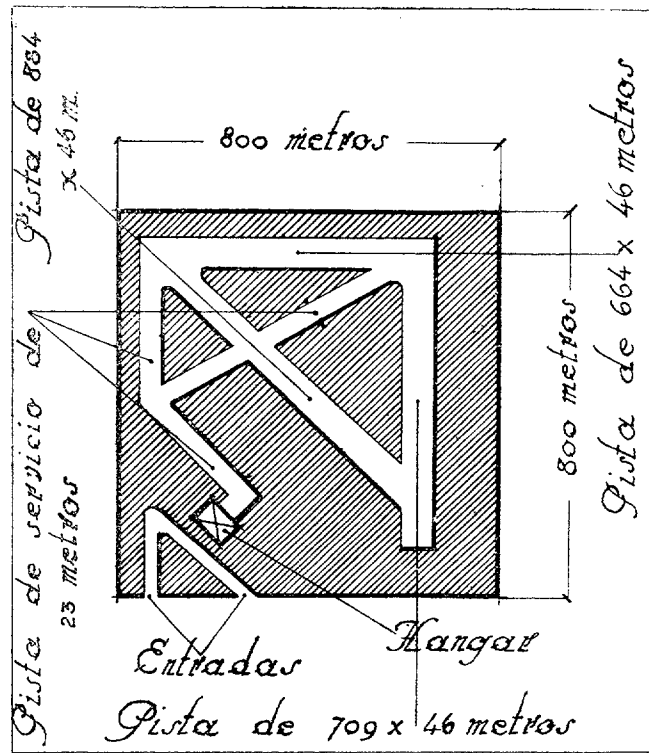
La experiencia del desarrollo de las carreteras modernas nos da un ejemplo de la necesidad de proyectar con espíritu liberal.

El plan de "buenas carreteras" ha estimulado el aumento de tráfico por encima de lo previsto, y anchuras de caminos que se creían extravagantes han resultado insuficientes.

Es de necesidad formar buenas estadísticas con todo lo relacionado con comunicaciones aéreas para poder proyectar con conocimiento de lo que reserva el futuro.



FIGURA 1. — AEROPUERTO DE CLASE I.



Por desdoblamientos sucesivos de este tipo se va pasando a aeropuertos de clases superiores, según puede observarse en la figura siguiente.

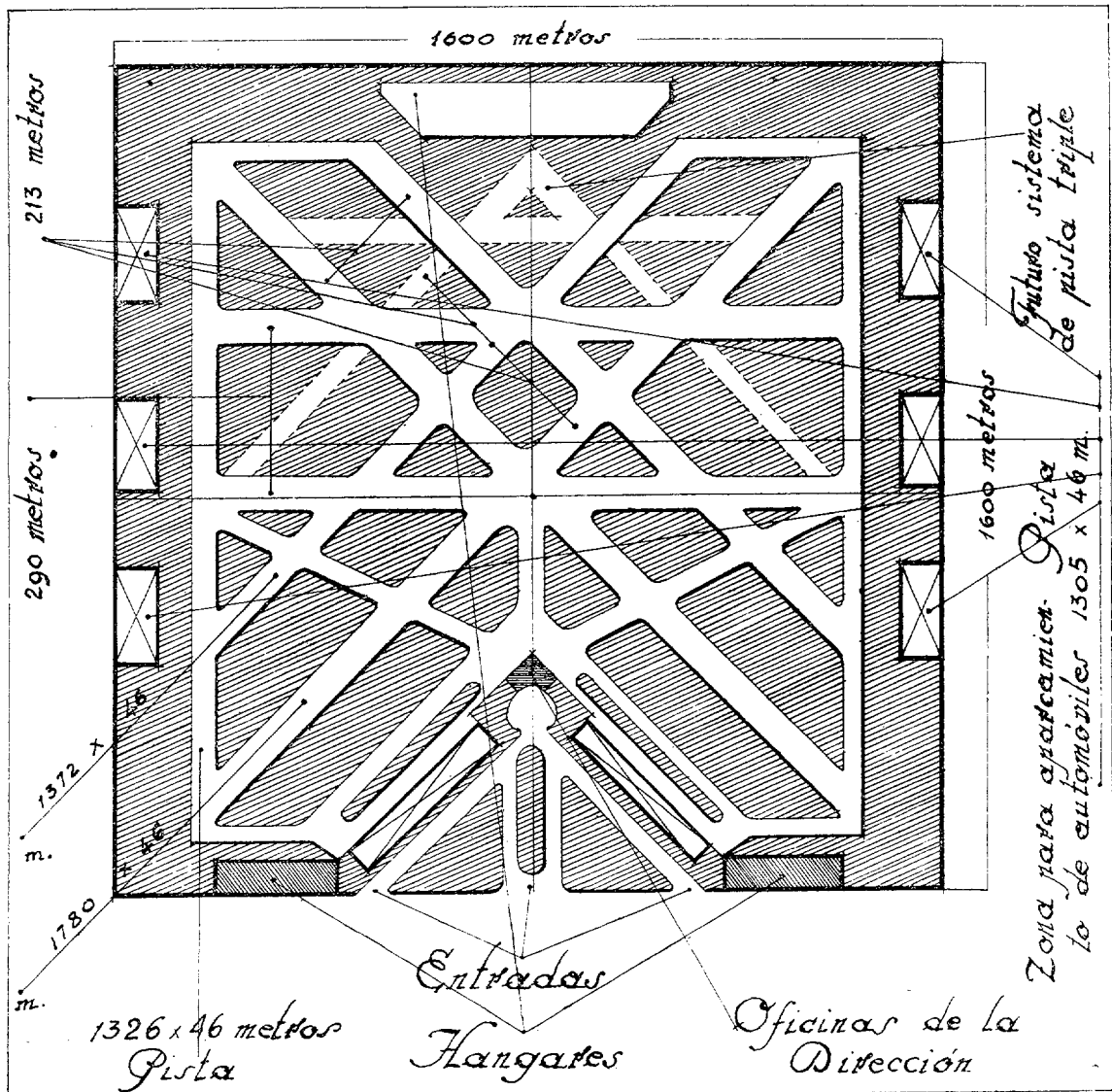


FIGURA 2. — AEROPUERTO DE CLASE IV. — Obtenido por sucesivas agregaciones del tipo anterior.