

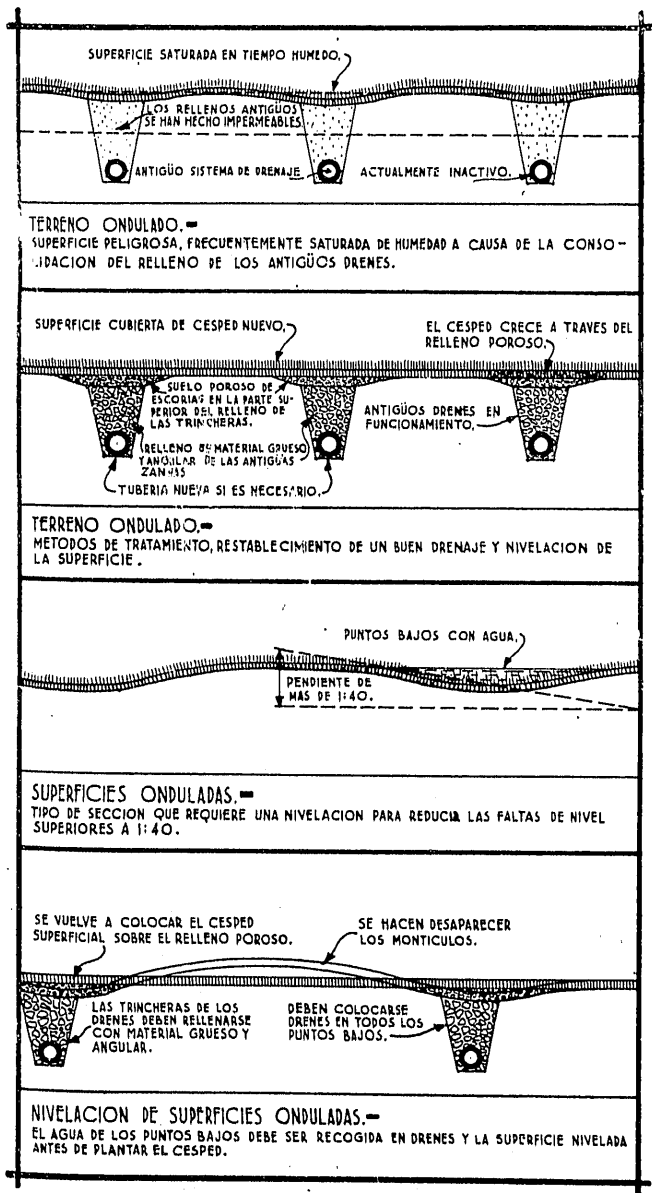
Aeropuertos¹

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.

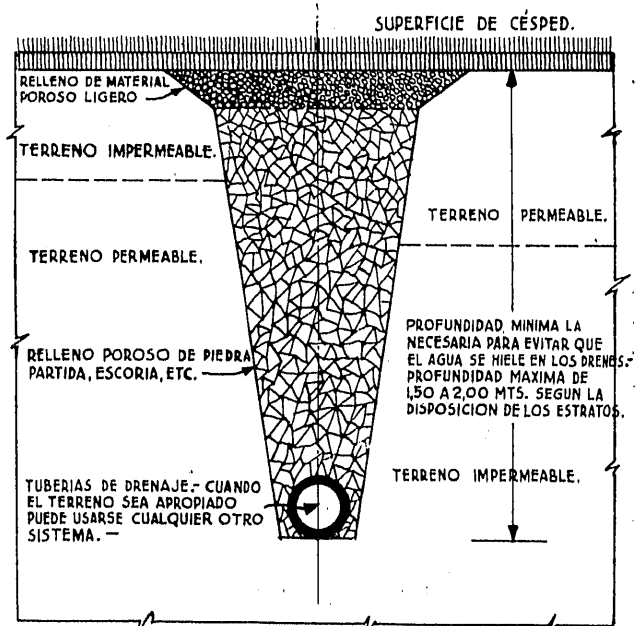
Todos los obstáculos existentes en el campo de aterrizaje deben hacerse desaparecer; los árboles, setos, vallas y edificaciones tienen que derribarse; los arroyos existentes en la superficie deben, si es posible, desviarse; si no lo fuera deben cubrirse; lo mismo debe hacerse con los pozos u hondonadas, 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 rellenada, 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



PREPARACION DEL TERRENO.

Figura 25.



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 SE DETENGA EN LOS ESTRATOS INFERIORES.

TIPO DE DRENAJE RECOMENDABLE. —

Figura 26.

¹ Véase el número anterior, página 145.

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-

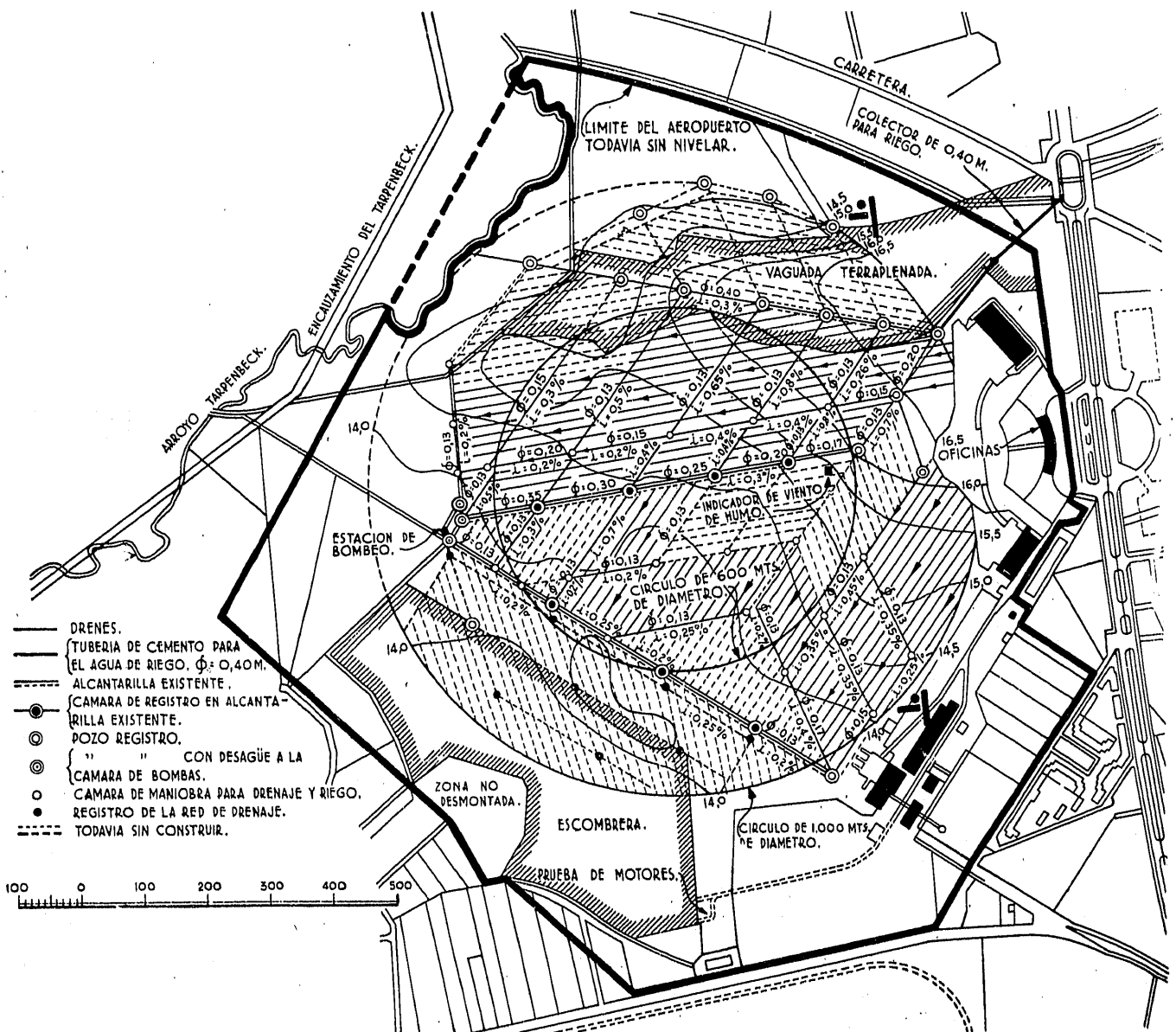


Fig. 27.— Plano de las redes de drenaje y riego del aeropuerto de Hamburgo.

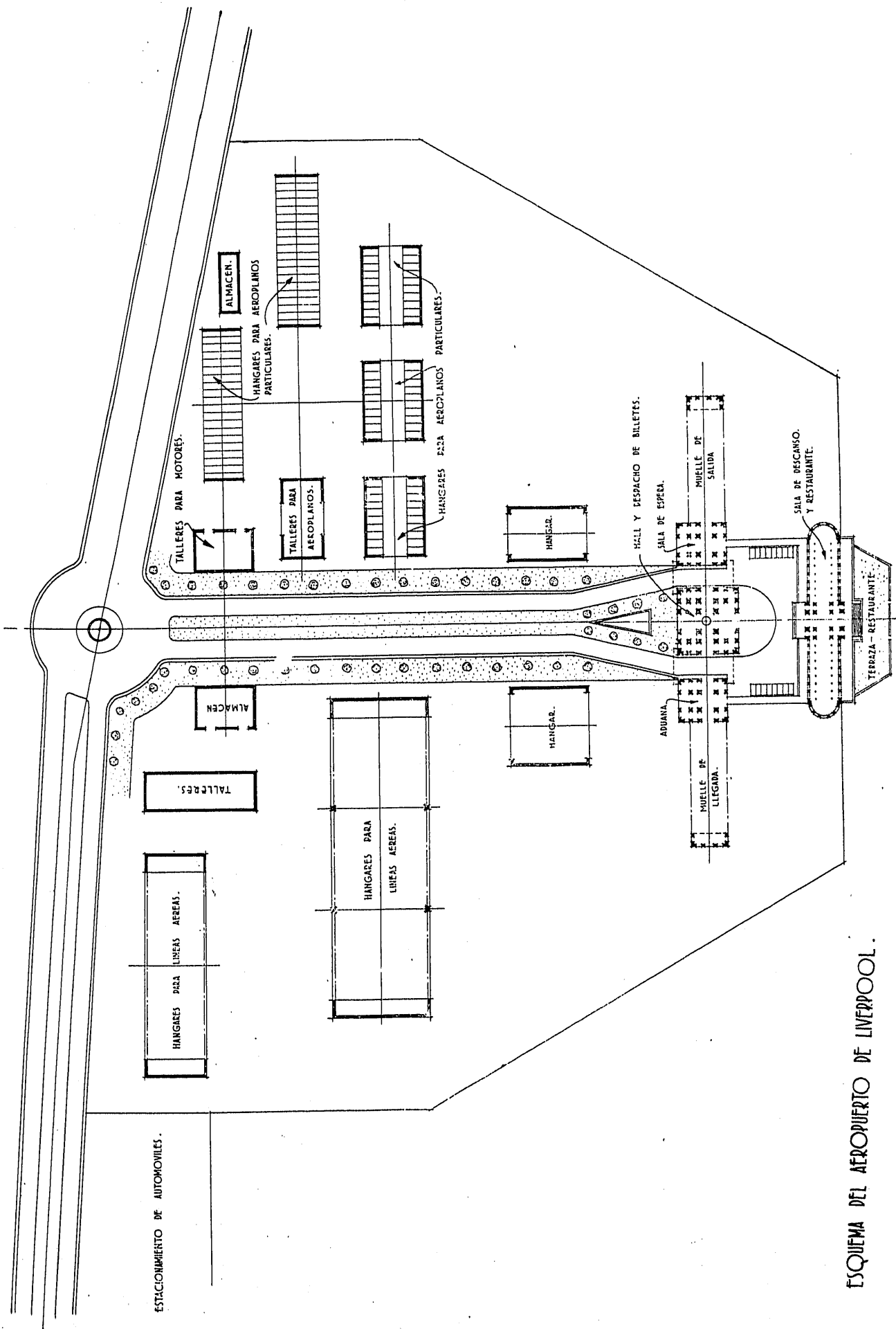


Figura 28.

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 corrientemente 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.

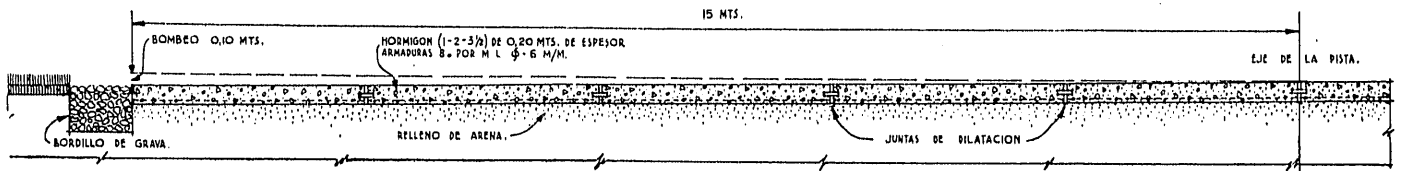
Las condiciones 1.ª y 2.ª son prácticamente las mismas que deben cumplir los firmes corrientes de carreteras, debiéndose evitar, tanto o más que en éstas, los firmes deslizantes, que hacen, especialmente cuando están mojados, difícilísimo el manejo de los aparatos.

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

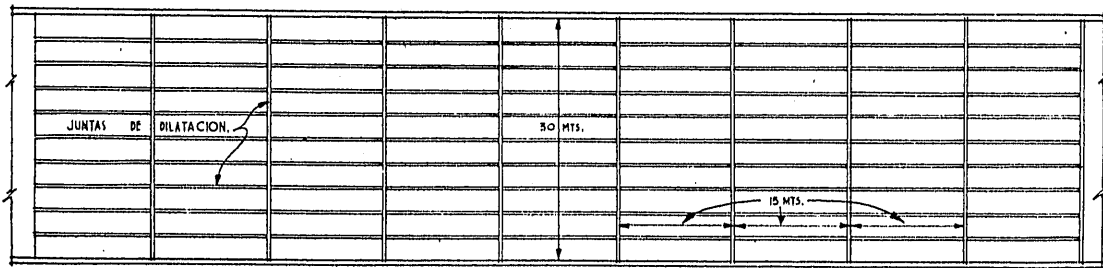
co para el aterrizaje, visible desde el aire; costo de primer establecimiento moderado, teniendo en cuenta su permanencia; construído, con capa de roadura de guijo grueso y sin exceso de betún, no es deslizante.

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



SECCION TRANSVERSAL.



PLANTA DE LA PISTA.

HORMIGON ARMADO.

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 pequeñísimas reparaciones; perfectamente elástica

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 cimientto 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

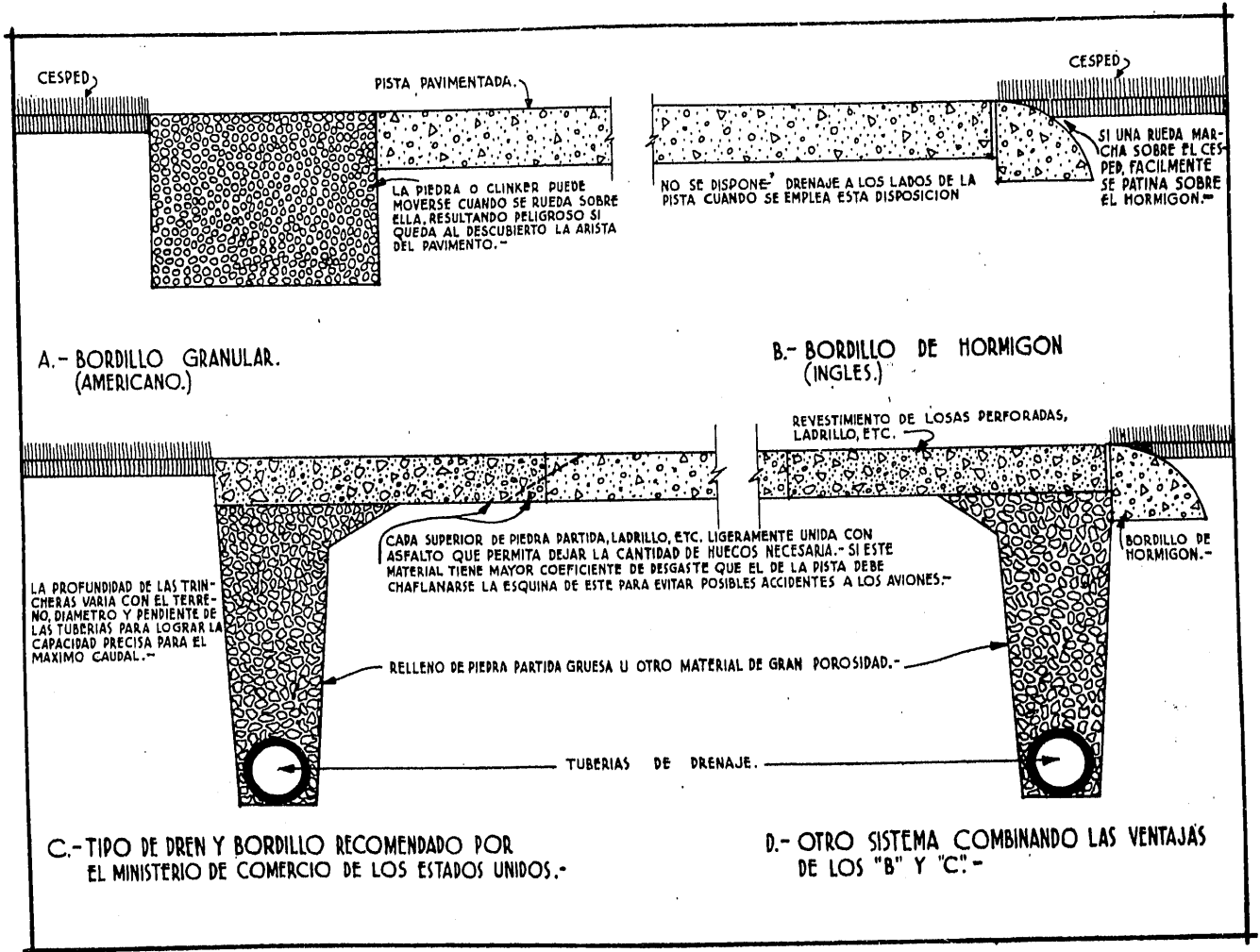
de hormigón tratados superficialmente con betún. Todas las precauciones que hay que adoptar, para construir un buen firme de hormigón, hay que exagerarlas en el caso de un aeropuerto; es grave error entregar un trabajo de esta clase a constructor no especializado, pues si la ejecución no es muy esmerada, 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 ruede 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.

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.

Ferrocarriles. - La repetición de señales sobre la locomotora

LOS PRIMEROS APARATOS.

Para que una señal dé satisfacción cumplida a su cometido, es preciso: 1.º Que esté en su posición debida. 2.º Que sus indicaciones sean percibidas y atendidas por el maquinista. Con relación a lo primero se cuenta, como garantía de seguridad, con los *enclavamientos*, y para favorecer lo segundo se han ideado los sistemas de repetición de que vamos a tratar.

Tienen su razón de ser en la conveniencia de contrarrestar los defectos de vigilancia en que pueda incurrir el maquinista, recordándole la presencia de las señales de la vía y confirmándole su indicación. A veces, la acción de los aparatos repetidores llega incluso a ser ejecutiva y produce la maniobra de los frenos para detener el tren o aminorar su marcha.

Su necesidad no siempre puede justificarse plenamente, pues la conciencia del personal responsable y los severos reglamentos que se le imponen suelen ser suficientes para hacerle cumplir con lo relativo a la observancia de las señales; pero se comprende que al aumentar la velocidad de los trenes y crecer su número, se haya buscado un mayor margen de seguridad, y que el progreso de la técnica ferroviaria no se conformase con no extender su campo por este lado que se le ofrecía. Con ello se alcanzaron estos últimos años soluciones que representan un perfeccionamiento muy grande, logradas, por cierto, en unos tiempos en los cuales las circunstancias de las explotaciones ferroviarias no son las más a propósito para recargar los gastos con nuevas instalaciones. Así se explica que, además de la tendencia observada en los Estados Unidos estos dos últimos años, favorable a la substitución de la maniobra automática del freno por la reproducción única de las señales sobre la locomotora, se pueda registrar también la supresión de estas mismas señales repetidoras en ciertas líneas de débil tráfico de dicho país. Y, sin embargo, son precisamente las instalaciones modernas de Norteamérica las que más nos llaman la atención, no sólo por su alcance individual, sino por su relación con otras que, como las de block-system, telefonía selectiva y mando centralizado de tráfico, contribuyen con aquéllas a marcar el carácter propio a las explotaciones americanas.

Por esto, y por lo que, tanto en Norteamérica como en Europa, se viene haciendo sobre lo relativo a repetición de señales, juzgamos el asunto de interés bastante para dedicarle las siguientes líneas.¹

¹ El asunto de la repetición de señales sobre la locomotora fué discutido en las sesiones IX y XII (Roma y El Cairo) de la Asociación Internacional del Congreso de Ferrocarriles y, aun sin figurar en el orden de la sesión, se trató también acerca de él en las celebradas en París y Berna los años 1900 y 1910, respectivamente.

Desde mediados del siglo pasado existía patentada en Inglaterra una invención para dar un aviso sobre la locomotora de la posición de las señales; pero la necesidad de estos aparatos no se veía bien clara y su desarrollo no llegó entonces a alcanzarse. Los ingenieros ferroviarios continuaron, no obstante, preocupándose de la cuestión, y algunos años más tarde, en 1872, aparece en Francia un sistema repetidor que merece citarse porque fué muy empleado en la vecina nación y, más o menos modificado, aún continúa utilizándose. Nos referimos al aparato llamado corrientemente "cocodrilo", imaginado por los Sres. Lastigue y Forest, de la Compañía del Norte de Francia, en dicho año, y que se instala en las líneas de doble vía de la referida Compañía a partir de 1880. Posteriormente, se siguen inventando nuevos tipos, todos los cuales, lo mismo que los anteriores, pueden dividirse en dos grupos: el de los mecánicos y el de los eléctricos. Los primeros no logran mucho éxito por los inconvenientes propios de los contactos de choque y transmisiones mecánicas que venían a constituir sus partes esenciales, y de los segundos puede decirse que es el "cocodrilo" el de más relieve, hasta que van apareciendo los sistemas de inducción electromagnética que, en sus diversas formas, son los que se vienen aplicando actualmente en nuevas instalaciones.

En el sistema del "cocodrilo" se aprovechó para su constitución los escasos elementos que en los tiempos de su invención ofrecía la industria eléctrica, muy reciente aun el comienzo de la construcción con carácter industrial de las primeras dinamos, y antes de que Deprez, en 1882, presentase en París sus experiencias sobre el transporte de una camioneta de medio caballo por una línea de 800 metros de longitud. Las pilas, los electro-imanés y los contactos eléctricos, eran casi lo único de que podían disponer prácticamente los inventores, y de estos elementos se valieron Lastigue y Forest, en Francia, para su aparato repetidor de 1872, que se componía esencialmente de un contacto fijo colocado sobre la vía, de un silbato accionado por un electro-imán, sobre la locomotora, y de un cepillo metálico, colocado también en la locomotora, en su parte baja, y que frotaba sobre el contacto fijo de la vía al pasar sobre ella la locomotora.

El contacto fijo es una pieza de madera de dos a cuatro metros de longitud, cubierta por una placa de cobre y colocada, a lo largo, en el eje de la vía, pieza que por su vago parecido a un cocodrilo dando sobre las aguas mereció que los ferroviarios