

LA CIUDAD Y EL VIENTO

ESTUDIO DEL PROBLEMA DEL VIENTO EN RELACION CON LA DISPOSICION DE LOS NUCLEOS URBANOS

Arquitecto: Fernando de Terán Troyano.

INTRODUCCION

La preocupación e interés que Vitrubio expresó en sus libros de Arquitectura por el viento como factor de relevante consideración en el planeamiento de la ciudad, no fué unánimemente compartida en tiempos posteriores, a juzgar por la cantidad de ciudades edificadas con desprecio de la acción del viento.

No es difícil, sin embargo, encontrar en los tratados de urbanismo antiguos y modernos alusiones e indicaciones relativas a este problema, pero casi siempre escasas y hechas de una manera teórica y general. Sólo los recientes estudios climáticos pueden aportar material interesante al urbanista. Por otra parte, no conviene tampoco desquiciar la cuestión haciendo de ella artículo fundamental, sino concederle la importancia justa que tiene. Nuestra civilización tecnológica parece aspirar a fundamentarlo todo, incluso una labor creadora, en unos datos y unas certezas tangibles. Ayudado por la meteorología y la geografía, el urbanista de hoy puede centrar la importancia del problema del viento y considerarlo en sus trazados. "Viento y sol son factores de primer grado que habrán de tenerse en cuenta en la urbanización. Frecuentemente estos factores deciden trazados, como por ejemplo cuando una industria nociva va a implantarse. Entonces habrá que tener en cuenta no construir viviendas en la dirección de los humos. Pero es una equivocación dar al viento toda la importancia, como lo hizo Vitrubio, al que parece que afectaban las corrientes de aire" (1).

Los motivos principales por los cuales el viento es un elemento que debe ser atendido por el urbanista son positivos y negativos, es decir, presenta ventajas e inconvenientes. Las ventajas: que ventila, que evapora humedades y que refresca (en climas cálidos). Los inconvenientes: que extiende los humos y los olores, que ayuda al agua a penetrar en las superficies, que caldea o enfría, que ayuda a la acumulación de la nieve, que exige reforzar las construcciones para poder resistir su empuje y que moviéndose y encajándose entre la edificación, crea zonas especialmente desagradables en la ciudad.

Al estudiar una urbanización preparando previamen-

te una información completa sobre el lugar concreto, en el capítulo de los caracteres físicos debe figurar un apartado dedicado al viento, con los informes climáticos acerca de los caracteres distintivos de la localidad, y es muy conveniente hacer un cuadro de diagramas meteorológicos, establecidos conforme a las medidas generales suministradas por los establecimientos científicos del país y en los que se representen la frecuencia de los vientos y su intensidad relativa.

Esto en el caso de localidad sometida a la acción normal del viento. Hay veces en que "el meteorólogo debe ser consultado, y no sólo eso, sino que en casos debe colaborar con el urbanista para resolver ciertos problemas, como, por ejemplo, el de una ciudad en localidad ventosa" (2).

El problema ha quedado, por otra parte, incluido de forma natural en los informes previos a la urbanización, al concebirse cada vez más la ciudad en relación con el medio, y en la elaboración de los planes regionales. Es aquí donde la ayuda del meteorólogo y del geógrafo puede ser más decisiva, aportando datos sobre macro y microclima.

Tres son las diferentes clases de viento que pueden actuar sobre una ciudad: el viento general, factor macroclimático del país; el viento local o microclimático y el sistema de brisas propias de la ciudad que luego estudiaremos.

El estudio del viento en relación con la urbanización, nos parece que debe hacerse desde estos tres puntos de vista: a) *Estudio meteorológico* de los vientos actuantes, dirección e intensidad, alteraciones naturales, tomas de datos, gráficos, etc. b) *Estudio de la ciudad ante el viento*; influencia de la ciudad en el campo de acción del viento, modificaciones térmicas y mecánicas, que introduce. c) *Estudio del viento en la ciudad*, defensa, relación con la salud humana, trazados urbanos y disposiciones internas en relación con los vientos.

Siguiendo este esquema, empezamos con unas nociones de meteorología que nos permitan estudiar las primeras características de los vientos.

(1) P. Abercrombie: *Planeamiento de la ciudad y del campo*.

(2) A. E. Aresi: *Urbanística*. Sin fecha.

ESTUDIO METEOROLOGICO

Dirección e intensidad.—Se entiende por dirección de un viento aquella de la cual viene, referida a la "rosa de los vientos", reducida ésta generalmente a las ocho direcciones principales: N, NE, E, SE, S, SO, O y NO, contadas a partir del norte geográfico. A veces se encuentran informes meteorológicos en los que la dirección del viento se da por un número, correspondiendo el 0 a la calma, el 1 al NE, el 2 al E, y el 8 al N. Mayor precisión, y también mayor complicación, se obtiene con con las rosas de 16 y 32 direcciones.

La velocidad, fuerza o intensidad de un viento se mide en metros por segundo, kilómetros por hora o millas por hora. La conocida escala de Beaufort asigna un número y un nombre a cada tipo de viento, según su velocidad media. Existe, además, una escala simplificada, llamada escala telegráfica:

Núm.	m/seg	Núm.	m/seg
0	0 a 1	5	8 a 10
1	1 a 2	6	10 a 12
2	2 a 4	7	12 a 15
3	4 a 6	8	15 a 18
4	6 a 8	9	más de 18

Representación. Diagramas.—En las informaciones meteorológicas diarias se emplea para representar el viento en un momento dado una flecha en la dirección de dicho viento, con unos trazos oblicuos que indican su intensidad, en relación con la escala telegráfica. Un trazo corto equivale a un grado. Uno largo a dos (figura 1).

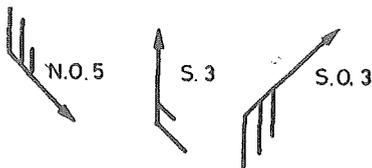


FIG. 1

La representación gráfica general del viento puede hacerse de diversas formas, siendo la más usual el reducir a tanto por ciento del total de observaciones la frecuencia de cada dirección y tomar sobre las ocho direcciones de la rosa de los vientos, partiendo del centro, una longitud proporcional a la frecuencia respectiva, uniendo luego los extremos y formando un polígono. En la figura 2 se da la tabla así obtenida para el caso de Alcalá de Henares, con el gráfico correspondiente, resultado de las observaciones recogidas en un período de diez años (3).

(3) Tomado del *Análisis de Alcalá de Henares*, publicado en 1948 por el Instituto de Estudios de Administración Local.

Otro procedimiento, que representa en un mismo gráfico, fuerza y dirección del viento, es el de la fig. 3. Las frecuencias se dan también en tantos por ciento y la escala del dibujo está dada por la distancia entre

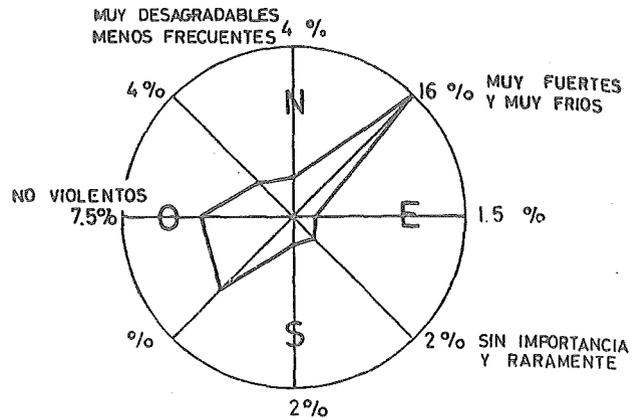


DIAGRAMA DE VIENTOS DE ALCALA HENARES

DIRRECCION	FRECUENCIAS (DIAS)	%
N	145	4
NE	593	16
E	57	1.5
SE	68	2
S	67	2
SO	368	10
O	277	7.5
NO	153	4
VARIABLE	617	17
CALMA	1.306	36
TOTAL	3.651	100

FIG. 2

el círculo visible y aquel otro en que se encuentran las puntas de las flechas, distancia a la que se asigna un número de grados de la escala telegráfica. El porcentaje correspondiente a cada dirección se descompone en tres

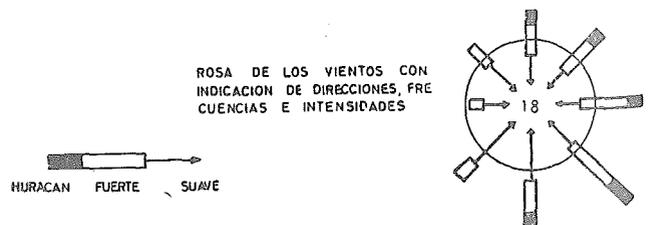


FIG. 3

partes: vientos flojos (1 a 3 de la escala), indicados en línea fina; vientos moderados (4 a 7) y vientos fuertes (8) en trazo negro grueso. El porcentaje de calmas

lo da el número inscrito en el interior del círculo. También damos como ejemplo la representación gráfica de la duración relativa anual media, expresada en días y calculada conforme a un período de tres años, de los vientos observados por cuatro estaciones meteorológicas inglesas (fig. 4).

CUATRO ESTACIONES INGLÉAS

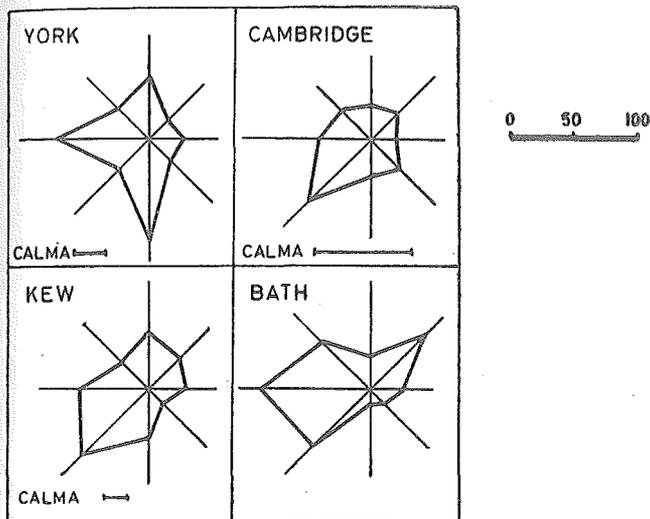


FIG. 4

La longitud de los radios, medida por la escala adjunta, representa, en días, la duración anual media del viento en las ocho direcciones principales (4).

Para representación múltiple, y a escala reducida, de varias localidades se puede hacer un gráfico simplificado, como el de la fig. 5, conveniente para amplias zonas representadas en un mapa general.

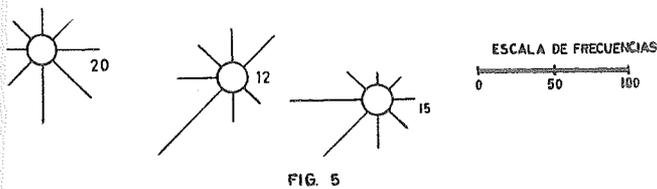


FIG. 5

Sin embargo, ninguno de estos tipos de gráficos basta cuando se quieren expresar no sólo las direcciones y sus frecuencias, sino también la variación de ellas a lo largo del año, lo cual puede interesar precisamente al urbanista que quiera pensar en la diferencia de condiciones que una ciudad deba tener ante el viento en estaciones diversas del año. En este caso, parece más indicado utilizar el tipo de diagrama que damos en la

(4) Tomado de *Town Planning in Practice*, de Unwin.

figura 6, correspondiente a la ciudad de Singapur, que representa las resultantes mensuales de un período de dieciséis años (5). Uniendo este tipo de diagrama a la representación de intensidades que da el de la figura 3, creemos que se obtendría el diagrama más completo para formarse una idea inmediata, de manera clara y sencilla, del viento en una localidad, en cualquier época del año, y su variación a lo largo de éste.

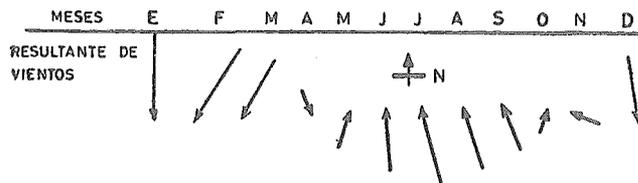


FIG. 6

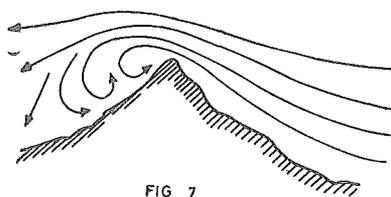


FIG. 7

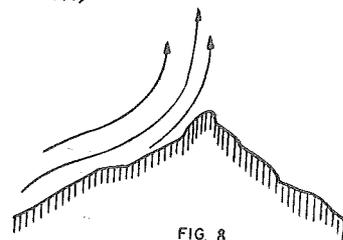


FIG. 8

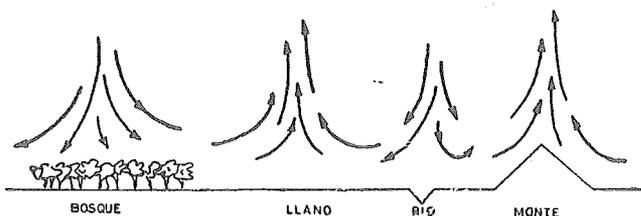


FIG. 9

Alteraciones naturales.—Conviene saber al urbanista las alteraciones mecánicas que la orografía introduce en la acción del viento. La dirección y velocidad se ven muy afectadas por las condiciones del terreno. Hay accidentes orográficos que acentúan la fuerza del viento, encauzándolo en direcciones determinadas o, por el contrario, frenándolo al oponerle obstáculos en su marcha. La parte más elevada del obstáculo es la más afectada por el viento, ya que es allí donde éste adquiere más velocidad. A sotavento se forman entonces grandes remolinos y áreas de succión en las que la dirección del viento parcial puede ser opuesta a la del viento

(5) Tomado de *Singapore Town and Country*, de E. H. Dobby.

general (fig. 7). Estos accidentes pueden ser también la causa de movimientos verticales del aire, producidos al tener que remontar el obstáculo, si es éste muy extenso (fig. 8). Pero estos movimientos verticales se originan más bien por convección debida a diferencias térmicas parciales en el propio terreno, llegando a establecerse una complicada circulación de corrientes ascendentes y descendentes sobre las áreas de diferente temperatura (fig. 9).

Diversos científicos han estudiado con detalle no sólo estas alteraciones de tipo general, sino también otros fenómenos interesantes más localizados. Citaremos la existencia de los vientos de montaña, ascendentes la-dera arriba durante el día y los vientos que se deslizan por el fondo de los valles, estudiados por Geiger (6).

Otra alteración en el comportamiento del viento la introduce el encontrar en su paso una masa de vegetación que va reduciendo su velocidad del modo que luego estudiaremos detenidamente.

También es interesante saber que la velocidad del viento aumenta con la altura y depende de la superficie sobre la que actúa. Por encima de agua o césped el aumento es mínimo. Máximo sobre terreno irregular o cortado. Petersen da una tabla de variación del viento con la altura (fig. 10).

Vientos macroclimáticos de España

Antes de pasar a estudiar las relaciones y acciones mutuas entre el viento y la ciudad, parece conveniente dar un resumen del conjunto de vientos fundamentales que actúan dentro de las condiciones macroclimáticas normales de nuestro país.

Los vientos, como consecuencia de las variaciones de presión en la atmósfera, varían a lo largo del año, dándose en España dos situaciones extremas opuestas, invernal y estival, y dos de transición en primavera y otoño.

(6) Geiger: *The Climate near the Ground*. Harvard Press, 1948.

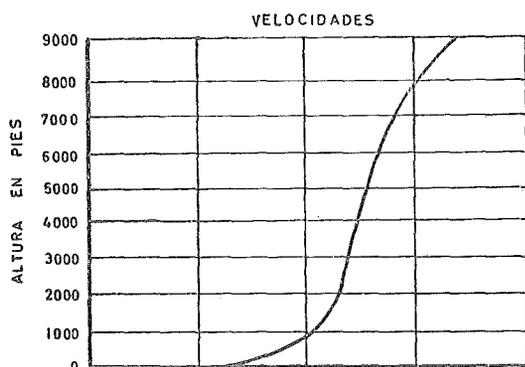


FIG. 10. VARIACION DEL VIENTO CON LA ALTURA

Observados en su promedio anual, los vientos que dominan en la Península son: en la región occidental atlántica los de componente O. (SO., O, NO.); en el litoral mediterráneo dominan en cambio los de los cuadrantes segundo y cuarto, el del E. y la pareja NS. (7).

De ello se desprende que un régimen de vientos de componente O. domina el litoral atlántico y el interior de la meseta, a lo largo de cuyos valles, orientados al Atlántico, los vientos alcanzan las serranías ibéricas. En el litoral mediterráneo se pone de manifiesto el dominio del régimen del E., con vientos E. y SE., contrapesados por el NO., junto con algunos vientos del S., todo ello relacionado con las depresiones mediterráneas que se forman junto a la costa en cualquier época del año. En el valle del Ebro los vientos son del NO. cuando vienen del Cantábrico, y del O. cuando vienen de la meseta.

En la Península hallamos, pues, el límite del régimen de vientos del O. con el régimen mediterráneo del E., lo que conduce a la fuerte diferenciación climática de ambas zonas de influencia, la atlántica, húmeda y fresca, y la mediterránea, seca y cálida.

En relación con la variación a lo largo del año, la península Ibérica es en invierno un centro dispersador de vientos, mientras que en verano los vientos concurren hacia el centro, en sentido opuesto al régimen invernal, abrasadores los del E., SE. y S., y frescos los del NO.

Esquemáticamente se reflejan estas dos situaciones en las figuras 11 y 12.

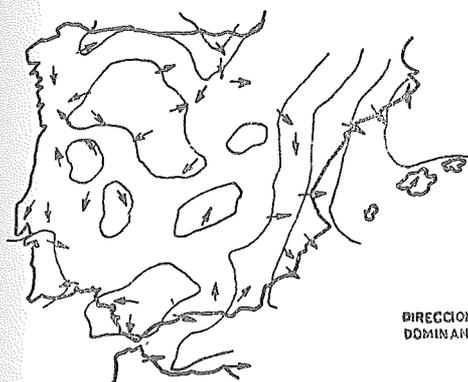
LA CIUDAD ANTE EL VIENTO

Influencia de la ciudad en el campo de acción del viento.—De la misma manera que las diferencias estructurales o cualitativas del terreno, tienen una inmediata acción en el comportamiento del viento, la ciudad introduce también modificaciones mecánicas y térmicas.

En conjunto, se comporta ante el viento, en primer lugar, como otro gran obstáculo cualquiera colocado en su camino; igual que una colina, por ejemplo, ya que la masa de la edificación, en la gran ciudad, es suficiente como para hacerse sentir. La fricción con el bosque de edificios es grande y parte de la fuerza del viento se emplea en vencerlo, con lo cual su velocidad disminuye, tanto en el interior de la ciudad como inmediatamente encima de ella. Según Kratzer (8), llega a formarse una especie de almohada de aire en movimiento lento que protege a la ciudad del viento fuerte, el cual tiene que remontarla como

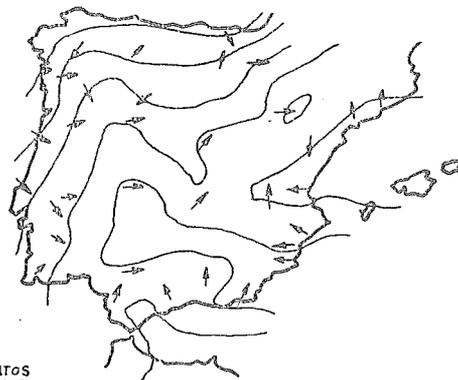
(7) Vs. V. Masachs. Capítulo dedicado al clima de la *Geografía de España y Portugal*, publicada por la Ed. Montaner y Simón, páginas 23-24. Barcelona, 1954.

(8) A. Kratzer: *Das Stadtklima*. Braunschweig. 1937.



DIRECCIONES DE VIENTOS DOMINANTES EN ENERO

FIG. 11



DIRECCIONES DE VIENTOS DOMINANTES EN AGOSTO

FIG. 12

en el caso de una colina, produciéndose entonces un aumento de velocidad en las capas más altas del aire.

Un primer informe interesante sobre la influencia de la ciudad en la velocidad del viento se debe a Kremser (9). Por medio del anemómetro proporcionó una serie de resultados obtenidos en la torre del Joachims-thalschen Gymnasiums de Berlín, la cual, al principio de las mediciones, se encontraba exenta, pero en años sucesivos fué quedando rodeada por casas de apartamentos cuyos tejados estaban sólo a 7 m. por debajo del anemómetro. La velocidad media correspondiente a la década de 1884 a 1893 era de 5,12 m/s. y pasó a 3,93 en la década de 1894 a 1903, lo que significa una reducción del 25 por 100. También cambió la velocidad anual del viento. La variación media da el siguiente resultado:

	1884-1893	1894-1903
Verano	2,09 m/s.	1,60 m/s.
Invierno	0,94 m/s.	0,80 m/s.
Media	1,49 m/s.	1,20 m/s.

Una buena prueba de la influencia de la ciudad en la acción del viento se obtuvo también de las cifras facilitadas por las ciudades americanas de Los Angeles y Detroit. Comparando los datos de estas dos ciudades, como hace Kratzer entre 1892 y 1931, con los de sus vecinas estaciones San Diego y Port Huron, respectivamente, se deduce que con la expansión de la ciudad aumenta también en altura esa especie de almohada protectora de aire parado y se origina la disminución de la velocidad del viento. Si en el caso de Berlín, el fenómeno debe achacarse a la edificación de los alrededores de la torre que antes estaban vacíos, en las ciudades americanas es una consecuencia del crecimiento general de la ciudad.

En París, según Maurain (10), la velocidad media del viento en el centro de la ciudad es de 5,1 millas por hora, mientras que en las afueras es de 10,1 m/h.

(9) Kremser: *Ergebnisse vieljähriger Windregistrierungen in Berlin 1909*. Citado por A. Kratzer.
 (10) Ch. Maurain: *Le climat parisien*. París, 1947.

Una comparación en la ciudad de Nueva York, entre el aeródromo de La Guardia y el Observatorio Meteorológico de Central Park, muestra, para los dos años 1952 y 1953, los valores de la siguiente tabla dada por Landsberg (11):

	La Guardia	Central Park	Diferencia
Primavera	12,5	9,9	2,6
Verano	10,5	8	2,5
Otoño	11,2	8,4	2,8
Invierno	14,4	11,1	3,3

Millas por hora

Para el año entero, la reducción media observada en Central Park es del 23 por 100. La altura del anemómetro en Central Park es de 62 pies. La del de La Guardia de 92. El valor que se esperaría en Central Park, debido a la diferencia de altura, sería un 4 por 100 menor, luego el 19 por 100 restante puede adjudicarse a la influencia de todo lo que le rodea.

En la mayor parte de las ciudades, la frecuencia de las calmas aumenta respecto a los alrededores. Los valores comparados con el contorno rural van de un 5 por 100 a un 20 por 100. La reducción en la velocidad del viento, especialmente en invierno, disminuye su poder refrigerador.

Como resultado de todo esto, podemos afirmar que la ciudad ejerce mecánicamente un fuerte influjo en sus relaciones con el viento y modifica el clima local, suavizándolo a causa del efecto protector que hemos descrito. También queda alterado el régimen local de lluvias, en pequeña escala.

El otro efecto que la ciudad introduce en el estado del aire es de tipo térmico y es más discutida su verdadera existencia.

La teoría está basada en que la generalmente mayor temperatura interior de la ciudad (que puede llegar a ser de 8 a 13° de diferencia con su contorno) origina co-

(11) H. E. Landsberg: *The Climate of Towns (Man's Role in changing the face of the earth)*. Chicago, 1956.

rientes ascendentes de aire, con lo cual se forma en ella un centro de bajas presiones y aspira aire a su alrededor en todas direcciones. Si el tiempo es tranquilo surge así un sistema de circulación de aire propio de la ciudad, comparable al que estudiamos en el caso de diferencias térmicas naturales.

Varios científicos alemanes lo han estudiado. Schmaus afirma haberlo comprobado en Dortmund, Eckardt en Essen, Lauscher y Steinhauser en Viena, Goldmerstein y Stodieck en Berlín. Así, en apoyo de esta tesis, Behre, que ha estudiado también los vientos en Berlín, ha encontrado que al norte de la ciudad hay más viento de componente norte y al sur más viento de componente sur.

Según todas estas observaciones, el sistema de viento propio de la ciudad se mantiene e incrementa a sí mismo siempre que las condiciones generales lo permitan. El aire que penetra se va impurificando por el camino, arrastrando las partículas en suspensión que encuentra, por lo que la opacidad es mayor en el centro de la ciudad. Luego, al calentarse, sube y deja el hueco que tiene que rellenar el aire que nuevamente entra de los alrededores, lo cual explica las nubes negras y las bóvedas de humos sobre las grandes ciudades. Este sistema empezaría a funcionar al amanecer, al empezar a calentarse la ciudad, y dejaría de funcionar al mediodía, cuando la diferencia de temperatura fuese mínima, aunque a veces durase todo el día, según el clima.

Sin embargo, no ha sido plenamente aceptada la existencia de este sistema de viento. Landsberg afirma que la depresión producida en el centro es muy débil y no basta para que el aire en movimiento pueda superar la fricción con los edificios y obstáculos de toda clase, siendo más lógico para el aire de los alrededores penetrar en la ciudad en pequeños impulsos a primera hora de la noche, como un frente frío en miniatura.

Pero lo que no puede negarse es la existencia de la turbulencia atmosférica existente sobre las ciudades y las corrientes ascendentes verticales (gracias a las cuales la atmósfera sigue siendo respirable en ellas) que pueden observarse, incluso a gran altura, y son conocidas de los aviadores como baches y saltos y usadas por los planeadores sin motor para remontarse. En verano estas columnas pueden notarse a menudo cuando se disuelven los cúmulos que flotan hacia el sotavento de la ciudad. Incluso está admitida la existencia de circulaciones a pequeña escala, estimuladas por microinfluencias tales como calentamiento diferente de distintos lados de calle, diferencias térmicas entre tejados, patios, calles o parques.

Vemos, pues, como conclusión, que la ciudad intro-

Muy interesante sería comprobar todos estos fenómenos en una gran ciudad española, ver qué variaciones introduce la masa edificada en la acción del viento,

investigar las alteraciones locales y los vientos microclimáticos, pero no tenemos datos suficientes para ello

En el estudio que por encargo de la Dirección General de Urbanismo ha realizado un equipo de geógrafos españoles como fase previa informativa con vistas al desarrollo urbanístico de Madrid, encontramos un capítulo reservado a analizar las condiciones climáticas generales que actúan sobre la ciudad. De él tomamos los datos siguientes:

En Madrid la atmósfera es tranquila y las calmas suponen un 25 por 100 de las observaciones. En los vientos hay un claro predominio de dos direcciones: por una parte, los del O. y SO., y por otra los del NE. La velocidad es moderada (38 por 100 entre 0 y 5 kilómetros/hora; 56 por 100 entre 6 y 28 Km./h.; 6 por 100 superiores).

Aunque no hay grandes diferencias a lo largo del año, puede señalarse un predominio de calmas en invierno y otoño, siendo tiempo más revuelto el de primavera y verano, con aumento de los vientos del O. y SO. La escasez de vientos del NO. debe estar motivada por la defensa del Guadarrama.

En los observatorios cercanos a Madrid, Cuatro Vientos, Getafe, Torrejón y Barajas el régimen de vientos es semejante al de la ciudad, pudiendo señalarse las particularidades de que en Getafe y Torrejón las calmas son menores, los vientos dominantes siguen siendo O. SO. y NE. y en Torrejón tiene cierta importancia el SE.

Estos datos no pueden servir para sacar conclusiones sobre la acción de la ciudad, por encontrarse estas estaciones muy alejadas del centro urbano. De poderse estudiar los fenómenos que hemos visto analizados en ciudades extranjeras, habría que establecer centros de observación en los contornos mismos de la aglomeración urbana y desenmascarar los datos suministrados por el Observatorio Meteorológico que, por encontrarse enclavado en la gran masa verde del Parque del Retiro, falseará el verdadero comportamiento del viento.

En cuanto al estudio de microclimas dentro de la ciudad, serían necesarias minuciosas y prolongadas observaciones para acometerlo. En el mismo trabajo que comentamos se hace alusión a algunas circunstancias microclimáticas, en función de la variada topografía (el río Manzanares corre entre 580 y 570 m. de altitud, y la mayor parte del casco urbano se desarrolla entre 640 y 690 m., siendo especialmente brusco el desnivel en algunos puntos, lo cual ha de dar importantes diferencias de temperatura), de la situación de la Casa de Campo y Parque del Retiro, de la diferencia de anchura y trazado de calles antiguas y modernas, de la existencia de pequeños espacios verdes interiores, etc.

(Continuará.)

LA CIUDAD Y EL VIENTO

Arquitecto: Fernando de Terán.

(Continuación.)

EL VIENTO EN LA CIUDAD

Nos queda ahora estudiar el viento en su relación directa con el hombre y con la ciudad entendida como alvéolo natural de la vida humana.

Un primer punto a considerar es el efecto del viento con respecto a la salud, ya que su acción no se limita a favorecer el aumento o disminución de temperatura o al acarreo de la nubosidad, sino que existen vientos típicos de ciertas regiones que influyen en el estado sanitario o psicológico de la población. Hay ciertos vientos respecto a los cuales la opinión médica es unánime. Producen trastornos funcionales y malestar general que pueden obedecer a fenómenos de deshidratación orgánica o a alteraciones de la presión (1).

Desde antiguo son conocidos los efectos, favorables unos y perjudiciales otros, de los vientos en la salud. Hipócrates afirmaba en su Tratado *De los aires, de las aguas y de los lugares*: "En las ciudades expuestas a los vientos habitualmente, la menor causa transforma las heridas en úlceras. Los habitantes no tienen fuerza ni vigor, las mujeres son enfermizas y gustosamente estériles, los niños son atacados de convulsiones o enfermedades, los hombres sujetos a disenterías o a las fiebres largas del invierno."

Respecto a los efectos psicológicos que empiezan a estudiarse hoy, ¿por qué no recordar aquí los versos de Shakespeare?

Yo sólo estoy loco con el Noroeste; cuando el viento sopla del Mediodía, sé distinguir un halcón de una garza" (2).

El pueblo de Madrid ha tenido siempre un miedo especial al aire puro del Guadarrama y el mistral ha sido siempre considerado como una desgracia de la Provenza. Max Sorre (3) cita este dicho popular común a Avignon y Narbonne: "ventosa, cum vento fastidiosa, sine vento venenosa", que hace alusión a la desagradable presencia del viento local y a la necesidad, sin embargo, de que sople para evitar corrupciones: "el paludismo, dice, no es extraño a la decadencia de algunas ciudades antiguas y la concentración de poblaciones rurales en sitios elevados y aventados en la Italia del Sur, admite entre otras causas, el deseo de huir de la malaria".

Por otra parte, también la tuberculosis está en relación con el viento. Todo lugar aventado, especialmente por vientos húmedos, es desfavorable desde el punto de vista de la tuberculosis. J. Lebreton (4) dice que los

ingleses han observado que en su país las regiones expuestas a los vientos del oeste son favorables al desarrollo de esta enfermedad y aduce la cita de Gordon en su obra *Effets des vents pluvieux forts et predominants sur la fréquence et l'évolution de la phthisie*, que resume así veinticinco años de investigaciones: "Entre las poblaciones expuestas a vientos húmedos, la tuberculosis es más frecuente, la mortalidad por tuberculosis mayor y el número de curaciones menor que en las poblaciones abrigadas de estos vientos, no bastando que las casas estén ellas al abrigo."

Estas primeras consideraciones deben ser atendidas a la hora de fijar un emplazamiento, para lo cual hay que tener en cuenta que en zonas frías los vientos empiezan a ser desagradables a partir de una velocidad de 0,5 m/seg., mientras que en zonas cálidas pueden ser admisibles hasta una velocidad de 3 a 3,5 m/seg.

En segundo lugar es preciso establecer unas normas de zonificación en relación con las condiciones de pureza atmosférica dentro de la ciudad.

En el caso de una ciudad industrial, la gran cantidad de hollín y de humo de los barrios fabriles exige la separación de éstos lo más posible de los de vivienda, los cuales deben ser planeados teniendo en cuenta la dirección dominante del viento, cosa que desgraciadamente no se hizo durante la época del gran desarrollo industrial. Los ejemplos serían innumerables y sólo citaremos, por ser muy característicos, Munich y Bilbao, ciudades en las que la industria se sitúa exactamente a barlovento de la ciudad, según la dirección de los vientos reinantes (5), y Freeman (6) cita el caso de Manchester, donde hace poco se ha establecido en su centro una zona libre de industrias, destinada a residencia y finanzas, resultando la experiencia un verdadero fracaso, pues la zona sin chimeneas se encuentra rodeada por otras que humean abundantemente, encargándose el viento de ensuciar la atmósfera de esa zona central.

Una de las primeras sugerencias prácticas a este respecto proviene del científico alemán Schmaus, que propuso una separación de las diversas partes de la ciudad, teniendo en cuenta la acción del viento (fig. 13). En estos gráficos poco conocidos se ve de una forma esquemática cómo la zona residencial se sitúa siempre

(1) Puede verse a este respecto: "Les variations atmosphériques et leur rôle biologique", del Dr. Mouriquand, en la revista *Sciences*, 1937.

(2) *Hamlet*. Acto II. Escena II.

(3) M. Sorre: *Les Fondements de la Géographie humaine*. París, 1952.

(4) J. Lebreton: *La cité naturelle*. París, 1945.

(5) Siguiendo a Rigotti, aceptaremos la denominación de vientos *reinantes* para aquellos que soplan con más frecuencia y la de *dominantes* para aquellos que lo hacen con más fuerza. Al urbanista le interesan más los primeros que los segundos, pues trata de prever un efecto continuado e insistente más que situaciones esporádicas.

(6) T. W. Freeman: *Geography and Planning*. Londres, 1958.

GRAFICOS DE SCHMAUS

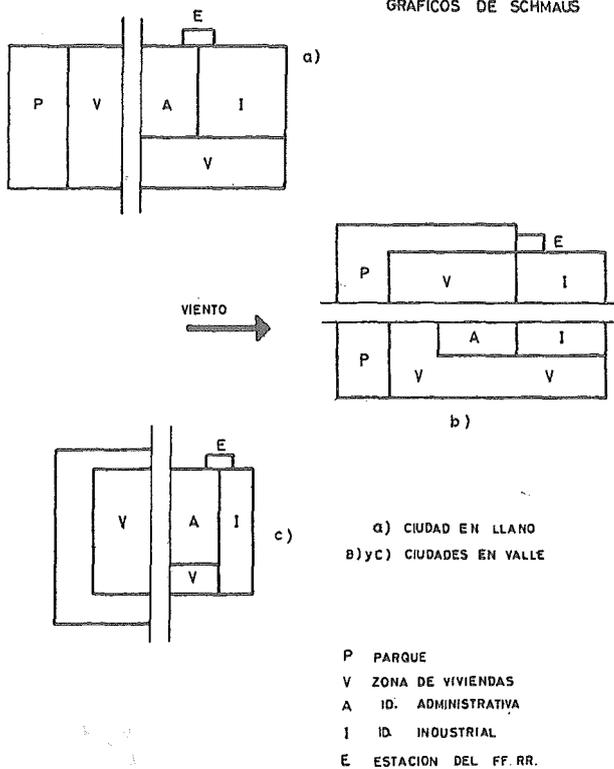


FIG. 13

frente al viento. Los barrios industriales deben quedar detrás de las viviendas. Una línea transversal a la dirección del viento va por el centro de la ciudad, dividiéndola en una zona de barlovento, beneficiada climatológicamente, y otra de sotavento, no beneficiada. De la parte de barlovento deben suprimirse todos los edificios industriales y estaciones de mercancías.

Citemos también los estudios de Hilberseimer (7) en relación al radio en que las industrias impurifican la atmósfera, según las condiciones del viento. Sus gráficos han sido muy divulgados y no vamos a insistir sobre ellos.

Finalmente, descendamos al plano de las disposiciones y trazados de edificación, espacios libres y vías. El problema que debe resolver el urbanista es el de la más adecuada y conveniente estructuración de la ciudad en función de la dirección del viento reinante y su posible variación a lo largo del año para conseguir el acondicionamiento mejor.

A pesar de tratarse de un punto de importancia no despreciable, la realidad es que ante otros problemas fundamentales del planeamiento, éste ha quedado tan relegado que no existen realmente unos criterios ni unas normas en que apoyarse. Las investigaciones sobre este punto no han hecho más que empezar y se refieren más bien al efecto del viento sobre los edificios. Res-

pecto a la composición del tejido urbano frente a la acción del viento, las indicaciones de diversos autores son breves, fragmentarias y hasta contradictorias.

J. E. Aronin es un arquitecto norteamericano que ha dedicado sus esfuerzos a estudiar las relaciones del clima y la arquitectura. Su interesante libro *Climate and Architecture* (8) es el resultado de varios años de estudios personales y consultas a científicos, arquitectos y expertos. En él hay un capítulo dedicado al viento, con gran acopio de datos y referencias que le llevan a establecer las siguientes conclusiones:

1) El urbanista debe estudiar los vientos macro y microclimáticos que actúan sobre el lugar que va a planear.

2) Los barrios industriales se situarán a sotavento de la ciudad.

3) Se dispondrán grandes espacios verdes alrededor de la ciudad, especialmente en la dirección de la que vienen los vientos dominantes, para reducir su fuerza, y parques o jardines en el interior para conseguir ventilación, aireamiento y calentamiento regular.

4) Se excluirán de las cercanías de las ciudades toda clase de industrias que produzcan gases nocivos.

5) Las grandes vías se orientarán perpendicularmente al viento reinante y los caminos menores paralelos a él. De esta forma el viento no se encauzará y la acción de árboles y edificios irá reduciendo su importancia alrededor de los caminos pequeños.

C. E. Brazier, citado por Aubert de la Rue (9), dice que las calles orientadas paralelamente a la acción del viento más frecuente aseguran una buena ventilación de la ciudad y la eliminación inmediata de gases e impurezas. En verano esta disposición hará más soportable el calor. Si las arterias son perpendiculares, en cambio, a la acción del viento, la fuerza de éste será en parte anulada y el frío, en invierno, se hará sentir menos.

G. Bardet ha dedicado su atención al viento en sus *Problemas de urbanismo*. Su conclusión puede resumirse así: el esqueleto urbano debe abrigarnos de los vientos violentos o no deseables y, por otra parte, para ventilar la ciudad, debemos utilizar las corrientes horizontales que podemos dirigir, moderando las más violentas. Los barrios residenciales no deben encontrarse jamás bajo la acción de vientos que traigan cualquier clase de humos.

Como normas prácticas aconseja ensanchar los patios y no hacerlos profundos para asegurar una buena ventilación, evitando las bolsas de aire parado en el fondo, al que no llega nunca la renovación que impone el viento. Asimismo, aconseja dividir las alineaciones de edificación continua para homogeneizar la aireación por

(7) L. Hilberseimer: *The New City*.

(8) J. E. Aronin: *Climate and Architecture*. New York, 1953.

(9) A. de la Rue: *L'homme et le vent*. París, 1940.

medio de cortes en zig zag que frenen las corrientes desagradables.

Basándose en los estudios de Marboutin y en los suyos propios sobre los vientos de París, llega a la con-

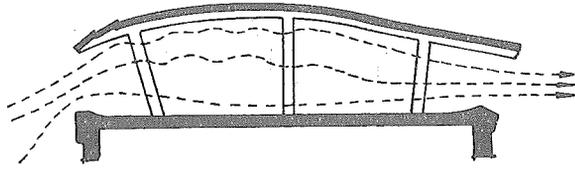


FIG 14

clusión de que en esta ciudad el planeamiento debe tender a proteger de los vientos fríos en invierno y primavera, así como de la corriente ecuatorial que trae lluvias, para lo cual las calles parisinas tienen como dirección más favorable la de la corriente oceánica, con presión media, tiempo seco frío en verano y cálido y nebuloso en invierno. Las industrias deben colocarse al SE, por ser los vientos del E y SE los de menor frecuencia.

En el conocido libro de Rigotti (10) encontramos un apartado dedicado a ventilación, con un resumen informativo y algunas normas prácticas, abogando por una orientación de fachadas, formando un ángulo de 30° a 40° con la dirección del viento y por un acoplamiento de los factores de asoleo y ventilación. Presenta el ejemplo de Stuttgart, en donde el sector de mejor asoleo está batido por el viento, por lo que para el plano regulador de la ciudad se han escogido otros sectores que ofrecen aún buen asoleo y eliminan los inconvenientes de un exceso de ventilación.

Esta orientación oblicua respecto al viento la justifica por la disgregación y subdivisión del viento, que se descompone entonces en corrientes menores, tangentes a las fachadas, que ventilan sin molestar.

Estas corrientes secundarias han dado lugar a investigaciones muy interesantes. Se sabe, por ejemplo, que simplemente un edificio altera en cierto grado el microclima de su entorno, produciendo anomalías seme-

(10) Rigotti: *Urbanismo. La técnica*. Torino.

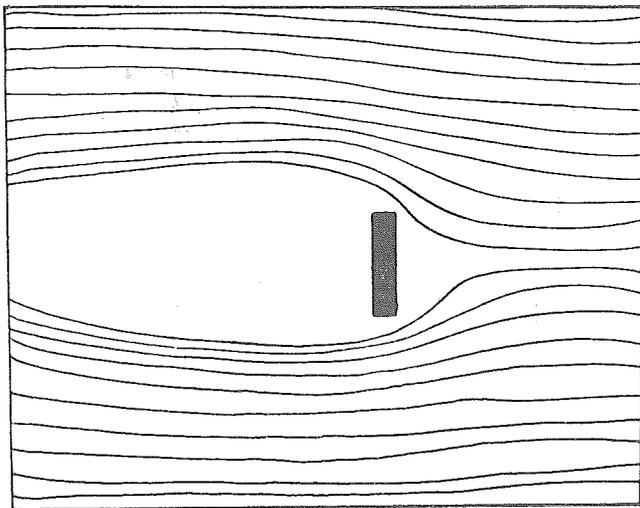


FIG 15

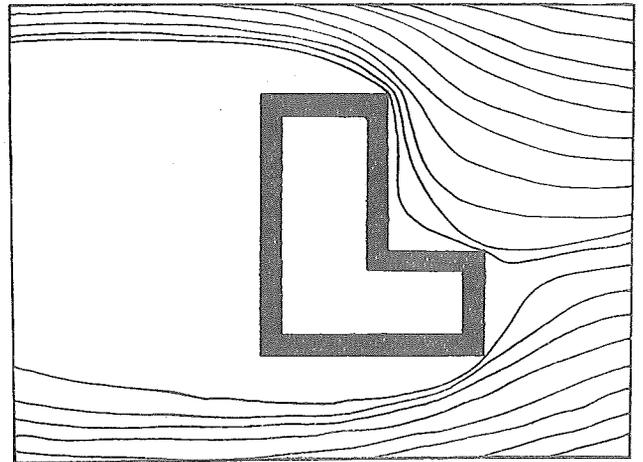


FIG 16

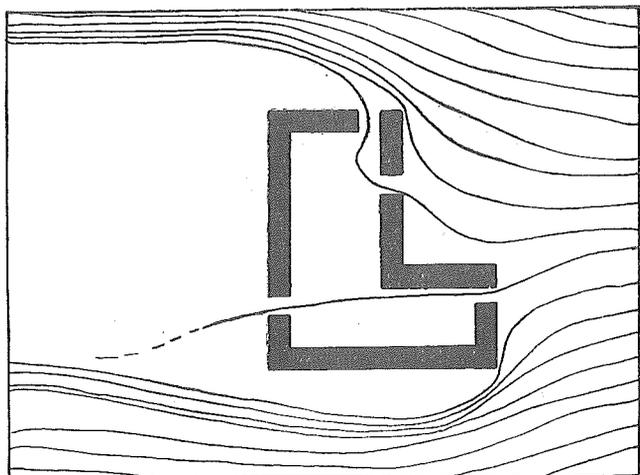


FIG 17

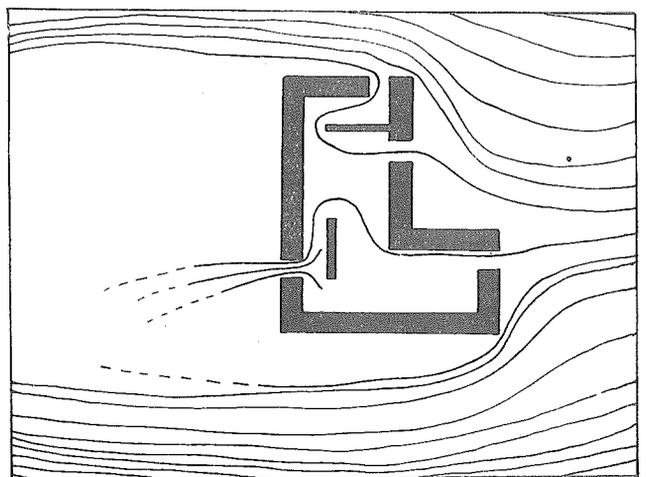
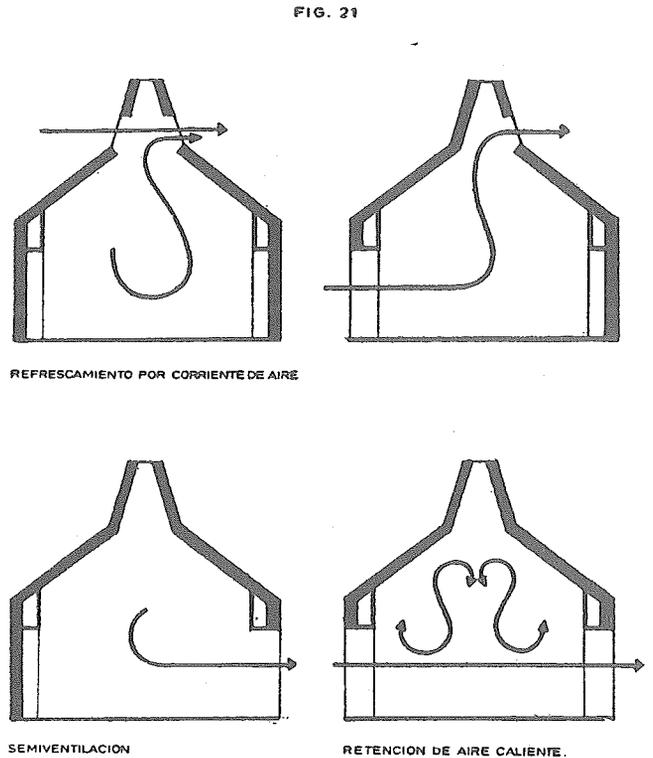


FIG. 18

jantes a las que ocurren ante obstáculos naturales. Su conocimiento ha permitido aplicaciones prácticas como esos secaderos de ropa en lo alto de los edificios, con corrientes de aire procedentes de circulaciones anómalas (fig. 14).

El Departamento de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad de Texas inició en 1949 un programa de investigaciones sobre las características aerodinámicas de los edificios, en colaboración con el Bureau of Engineering Research y estudió la acción del viento sobre modelos reducidos en túneles, resultando algunas comprobaciones interesantes sobre el comportamiento de los edificios y sobre la situación en ellos de los diversos huecos (figs. 15, 16, 17, 18). También en la Escuela de Arquitectura de la Columbia Británica se han hecho estudios con corrientes de aire sobre maquetas, llegando a determinar una fórmula práctica que da la



longitud de un área de calma que se produce a los lados de un edificio cuando el viento llega perpendicularmente a él: $C = KW/3$, donde C es la longitud del área de calma a lo largo del muro lateral, W el ancho del edificio y K el factor viento. La fórmula teórica es mucho más complicada y debe ser calculada siguiendo las que se emplean en aeronáutica.

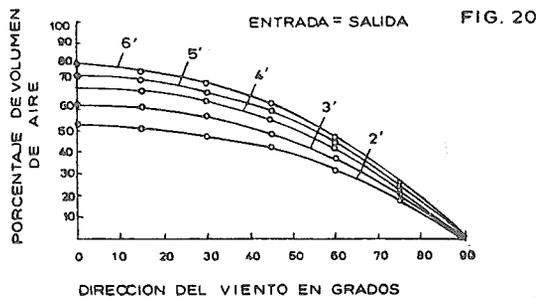
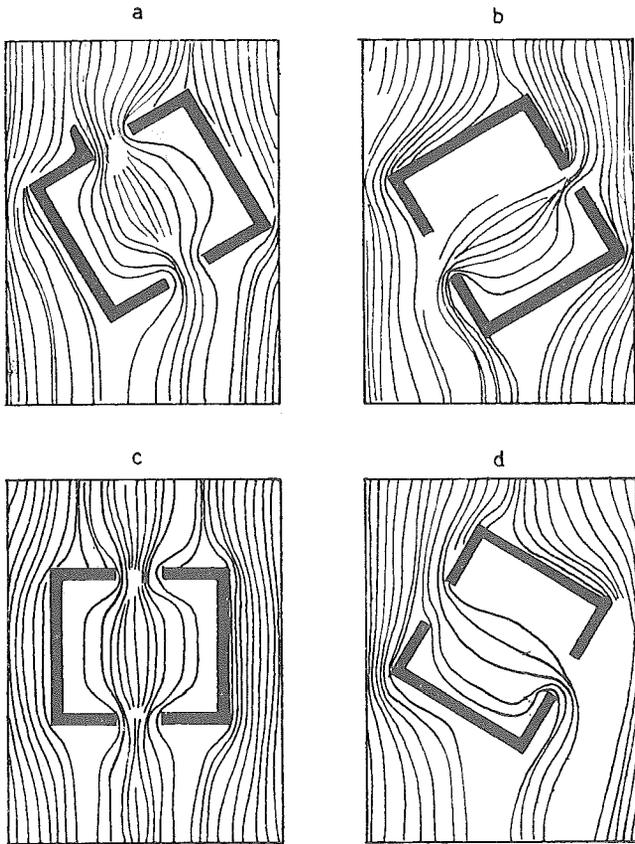
Por su parte, P. R. Rajagopalan y K. P. Rao, del Instituto Central de Investigación de la Construcción de Roorkee (India) publicaron en 1961 un estudio sobre aspectos de ventilación natural de edificios, realizado también sobre maquetas, basándose en las analogías que presentan las corrientes eólicas con las eléctricas e hidráulicas, restringiéndose al estudio de la influencia de los tamaños de las aberturas de entrada y salida de aire, pantallas o tabiques interiores y cantidad de corriente de aire dentro de una habitación (11). Por su interés, damos a continuación un resumen de dicho trabajo:

Se escogió para estos estudios una maqueta de una habitación de 14 X 12 pies, a escala 1:24. Las aberturas de entrada y salida estaban colocadas centradas en los muros de 14 pies y se experimentó con una serie de modelos de 2, 3, 4, 5 y 6 pies de anchura de hueco,

con un cociente de entrada a salida de $\frac{1}{1}$, $\frac{1}{1.5}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ y con una incidencia del viento de 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° y 90°, para cada combinación de entrada

(11) Publicado en *Indian Construction News*, 1961.

FIG. 15



y salida. Se estudió también el efecto de una pantalla vertical con un saliente de dos pies para dos pies de ancho de hueco y de tres pies para ancho de hueco de seis pies (fig 19-a). En las figuras 19 c y d se muestran los esquemas para aberturas de cuatro pies, con incidencia del viento de 0° y 60°.

El efecto de la dirección del viento en el volumen de aire que entra en la habitación se muestra en la figura 20, de la que se deduce que la corriente de aire dentro de la habitación no disminuye apreciablemente

hasta que la incidencia del viento es de unos 30° y la disminución es sólo de un 20 a 25 por 100 para 45°. La disminución es más rápida para mayores ángulos de incidencia, medida aquí respecto a la normal.

Las conclusiones a que llegan los autores son las siguientes:

a) El aumento de la corriente de aire dentro de la habitación no está en proporción con el aumento de tamaño de las aberturas.

b) La disminución del volumen de aire que entra en

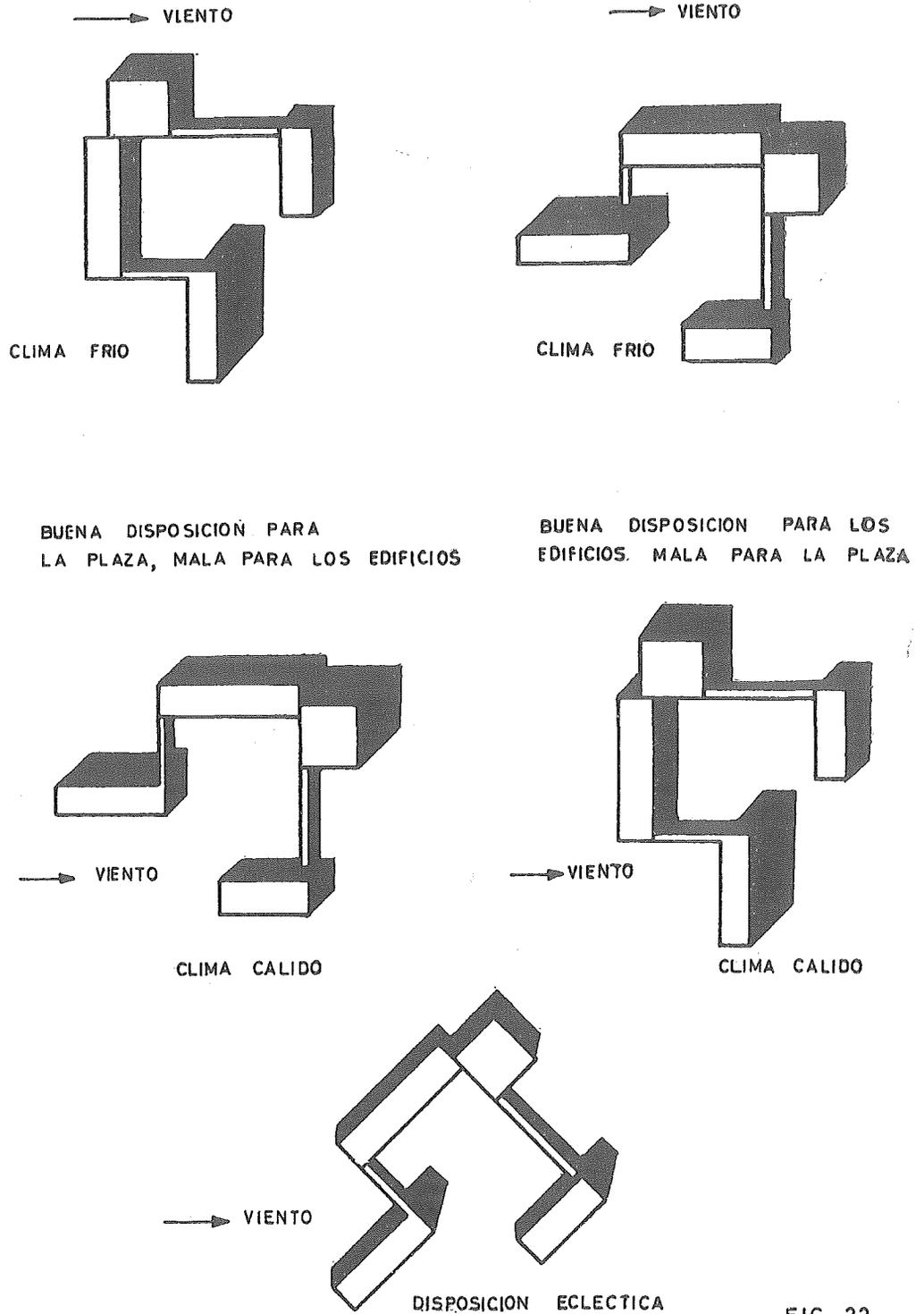


FIG. 22

una habitación, al aumentar el ángulo de incidencia del viento, no es apreciable hasta los 30°.

c) Aunque un aumento en el tamaño de la salida sobre la entrada no asegura mayores volúmenes de corriente, sin embargo, se logran mayores velocidades del aire dentro de la habitación, especialmente cerca de la entrada.

d) Las pantallas verticales que pueden ser necesarias para dar sombra resultan ventajosas para aumentar el volumen de la corriente para grandes ángulos de incidencia del viento.

e) El método analógico hidráulico se reveló más adecuado que el eléctrico.

Entre los muchos ejemplos que podrían ponerse de arquitectura que aprovecha las corrientes de aire como sistema de refrigeración, chozas primitivas, arquitectura mediterránea popular, arquitectura moderna en Suramérica o en la India, etc., entresacamos esa curiosa casa en California, cuyo esquema se ve en la fig. 21.

Tratamos a continuación de establecer unas conclusiones con un mínimo de coherencia y unidad.

En primer lugar habrá que distinguir entre climas fríos en los que se busque una protección del viento y climas cálidos donde se busquen unas condiciones de ventilación y aireamiento. Serán, pues, dos planteamientos totalmente opuestos.

De una manera general puede decirse que en el primer caso la edificación, actuando de pantalla, debe servir de protección a los espacios libres; las vías deben trazarse evitando que coincidan con la dirección del viento. Jugando con la composición y la orientación, deben buscarse recintos soleados y resguardados. En general, la edificación cerrada tendrá ventajas sobre la de bloques más o menos independientes.

Por el contrario, en un clima cálido habrá de buscarse una disposición inversa, procurando dar facilidades a la brisa para encauzarse y poder dirigirla o aprovechar sus efectos (fig. 22).

Pero es preciso considerar todos los factores, pues no es lógico condicionar por exigencias de planeamiento las características de la arquitectura. Lo conveniente para los entornos de la edificación puede ser inconveniente para ésta y viceversa. En un clima frío con vientos desagradables desearíamos colocar la edificación perpendicularmente a la dirección del viento para obtener recintos protegidos, evitando al mismo tiempo que se encauce según las direcciones de las calles, adquiriendo fuerza. Pero la acción del viento perpendicularmente a las fachadas sería algo muy deseable de evitar para el confort de los edificios. Inversamente en un clima cálido, el urbanista pensaría en dotar a calles y plazas del máximo de aireamiento y ventilación, dando facilidades al viento para encauzarse entre los edificios colocados paralelamente a su dirección. Sin em-

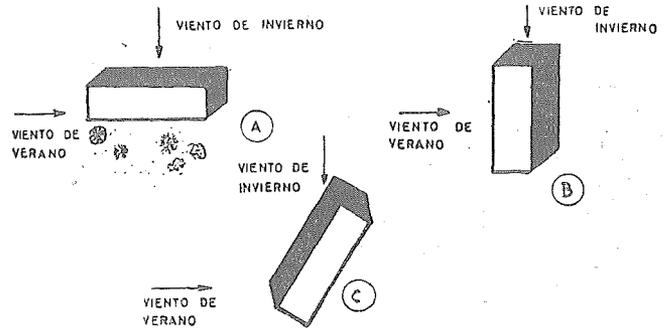


FIG. 23

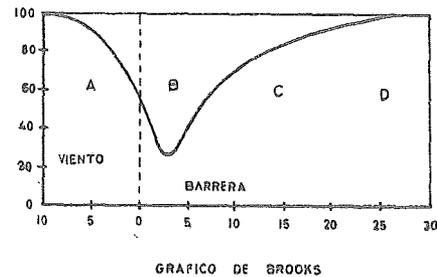


FIG. 24

bargo, esos edificios dejarían entonces de beneficiarse en su interior de los efectos refrescantes de un viento perpendicular a sus fachadas.

El problema debe, pues, ser entendido de una forma relativa y resolverse según las circunstancias concretas de cada caso, pudiendo influir mucho en las decisiones a tomar, la calidad de la construcción en razón de su impermeabilidad.

De una forma general, y como consecuencia de lo que hemos visto anteriormente, puede aconsejarse la orientación de la edificación en oblicuo respecto a la dirección del viento, con un ángulo alrededor de 30°. De esta forma, en un clima frío, no se deberá superar este ángulo, mientras que en un clima cálido no deberá nunca ser inferior. Así, en ambos casos, el viento se disgregará en corrientes menores que ventilan sin molestar, evitándose el encauzamiento, y mientras que en el primero de ellos la protección del edificio será suficiente, en el segundo se asegura un volumen de aire que penetre en él, refrescándolo.

Habrà de considerarse también la variación de la dirección del viento con las estaciones del año. De esta variación puede, a veces, sacarse gran partido.

Como ejemplo pongamos el caso teórico de un lugar en el que en invierno sople viento del Norte y en verano del Oeste (fig. 23).

Atendiendo sólo al factor viento, si hemos de colocar un edificio de gran calidad, impermeable al viento, con buena calefacción, etc., podríamos orientarlo como

en el caso A, perpendicular al viento invernal. De esta forma, el espacio que queda delante de él estará resguardado del viento del invierno y podrá aprovecharse para un jardín soleado. En cambio, en verano, el espacio que queda detrás de él, en sombra, se beneficiaría, además, del viento del Oeste.

Si se tratase, en cambio, de proyectar unas viviendas económicas las podríamos disponer como en el caso B, defendidas del viento en invierno y recibiendo su acción refrescante en el verano. Sin embargo, así nos quedaríamos sin condiciones confortables en el exterior, por lo cual, como vimos antes, parece mejor orientarlo como en C.

Finalmente, hay que añadir unas consideraciones acerca del auxilio que, en relación con el problema que estamos estudiando, puede prestar la vegetación. La situación de las zonas verdes y, sobre todo, las barreras de arbolado, puede ser en algunos casos el método más adecuado de resolver el problema.

Se suele llamar corta-vientos a esas filas de árboles que forman telones más o menos tupidos y cuya función es evitar que el viento llegue con violencia a ciertos lugares que se desea proteger.

Entre las alteraciones naturales que podría sufrir el viento, ya indicamos la acción de una barrera vegetal. En el libro citado de Aronin encontramos amplia información a este respecto.

Brooks (12) ha compuesto un gráfico muy útil para el estudio de esta alteración en función de la altura de la barrera (fig. 24). La escala horizontal representa las distancias horizontales expresadas en múltiplos de la altura de la barrera. La vertical representa la velocidad del viento como porcentaje de la velocidad en llano abierto, sin obstáculos. En la zona A, la velocidad del viento empieza a disminuir a una distancia igual a unas seis veces la altura de la barrera y detrás de ella (zona B) la velocidad del viento cae a una cifra muy baja, del 15 por 100 al 40 por 100 de la del viento libre y la velocidad más baja está a una distancia media de tres a cuatro veces la altura. Cuanto más densa es la barrera, más cerca de ella está el mínimo, más pequeña es la velocidad del viento y más empinada la subida siguiente. La tercera zona C, que se extiende desde unas seis a doce veces la altura, es la zona de rápida recuperación de velocidad del viento hasta un valor del 75 a 80 por 100 del libre. Aquí el viento es turbulento y la turbulencia es tanto mayor cuanto mayor es el levantamiento, o sea, cuanto más densa es la barrera. Finalmente, en la zona D, el viento vuelve a su primitiva condición libre, la cual se alcanza gradualmente a una distancia de 24 a 30 veces la altura. Estas relaciones aparecen constantes, casi independien-

tes de la altura de la barrera y de la fuerza del viento. Por ejemplo, una barrera de 15 metros de altura protege cinco veces más que una de tres. Y si en un punto el viento de 20 m/h. se reduce a otro de 10 m/h, otro viento de 10 m/h. se reduciría a uno de 5 m/h.

Se estima que un cinturón de abrigo de este tipo, denso, de 8 a 10 m. de altura, puede reducir la velocidad del viento hasta una distancia de 120 m. a sotavento, siendo a 60 m. de la barrera un 50 por 100 de la del viento libre.

Experiencias hechas en los laboratorios de Investigaciones Canadienses de la estación de Swift Current, Saskatchewan, han demostrado que una sola hilera de abetos blancos de 8 m. de altura produce una significativa reducción a la velocidad del viento, de modo que a 15 m. de ella la velocidad es del 20 por 100 de la del viento libre y a 75 m. es del 75 por 100.

En general los anillos protectores bien colocados frente a vientos dominantes permiten zonas protegidas a sotavento, hasta 20 veces la altura de los árboles, o sea, con un cinturón de 15 m. de altura una distancia de 300 m.

Y como el viento no vuelve a su velocidad normal bruscamente, puede combinarse una sucesión de corta-vientos que aseguren una gran reducción de velocidad en toda una gran superficie.

Por otra parte, esta reducción de la velocidad del viento aminora también las pérdidas de calor. El uso de cinturones verdes puede reducir en un 30 por 100 el uso del combustible.

Existen dos maneras fundamentales de conseguir un cortavientos: en simple plantación cerrada o en empalizada. Para el primer tipo basta hacer una plantación en agujeros individuales, si son especies que no pueden acercarse más de dos metros, o en zanja para especies que pueden plantarse con separación de un metro ó 0,80 metros. La empalizada se consigue cuando los árboles alineados llegan a formar un conjunto unido, gracias a que sus ramas, atadas, mezcladas y recortadas a propósito desde el principio, se entrelazan formando una barrera de follaje continuo.

Hay muchas especies convenientes para corta-vientos. Los álamos, por ejemplo, tienen una elasticidad, hasta en su madurez incluso, que les permite resistir perfectamente las tormentas medias. Se adaptan bien a plantaciones cerradas. Su inconveniente, como el de todas las especies vegetales de hoja caduca, es que su eficacia es nula en invierno, cuando suelen soplar los peores vientos fríos.

Las coníferas son más adecuadas. Si se dispone de anchura pueden servir pinos y abetos. Si el espacio reservado es estrecho pueden utilizarse las diversas clases de cipreses.

Los abetos tienen el inconveniente, a pesar de haber

(12) *Climate in every day life*. N. Y. Philosophical Library, Inc., 1951.

sido muy utilizados, de que al crecer dejan troncos desnudos y pasa el viento a poca altura.

Se recomienda siempre que la barrera no sea excesivamente impermeable al viento por razones aerodinámicas, por lo que puede utilizarse una mezcla de árboles de distintas características, habiéndose propuesto como modelo un anillo de ocho hileras, cuatro de ellas de coníferas, dos de hoja caduca y las situadas en los lugares tercero y quinto, de árboles que crezcan rápidamente como los álamos.

Tilos, castaños, plátanos, eucaliptus y sicomoros son árboles que se prestan fácilmente a formar empalizadas.

Un tipo de corta-vientos de acción reducida es el seto de arbustos y un sistema mixto que puede convenir en algún caso es el de una doble barrera, formada por un seto y una fila de árboles.

En Túnez, en el caso de una avenida necesariamente orientada de Norte a Sur (dirección de vientos helados y fuertes de invierno), propuso Bardet una inflexión y la utilización de telones de vegetación.

HISTORIA Y EJEMPLOS

Parece ser que muchas supersticiones antiguas se basan en principios de higiene y en las condiciones atmosféricas como dirección del viento, tormentas, etc. Así se puede citar el ejemplo de la colocación de las puertas de los iglus de los esquimales, generalmente paralelas a la dirección del viento reinante. También las disposiciones especiales que, con carácter sagrado, se hacía adoptar a los huecos y a la orientación general de las casas en el Japón.

En Occidente, ya a los antiguos preocupó el problema. Aristóteles, Xenofonte y Vitrubio han dejado escritas algunas ideas, especialmente divulgadas las de Vitrubio en el Renacimiento, inspirando tratados teóricos y disposiciones prácticas. De entre las observaciones de Vitrubio entresacamos éstas, especialmente interesantes:

"De la situación cómoda de los edificios: Debe ser el aire sano: para lo cual es menester que la situación sea elevada, a fin de que esté menos expuesta a las nieblas. También conviene que esté distante de lagunas y pantanos a causa de la corrupción."

"De la posición de los edificios: Después de haber elegido un paraje sano, se deben delinear o demarcar las calles conforme al aspecto más ventajoso del cielo. La mejor posición será de modo que los aires no enfilen las calles en aquellos parajes en que fuesen muy fríos y extraordinariamente impetuosos."

Recomienda también orientar las calles y plazas "de modo que los vientos, llegando contra los ángulos de las manzanas, se rompan y se disipen", lo que conduce a la ciudad, cuyos ejes forman 45° con los ejes

cardinales, para ser bisectores de los vientos vitrubianos, disposición acertada en abstracto, pero que en la realidad es falsa, puesto que los vientos no tienen por qué ajustarse a las direcciones cardinales.

La preocupación por la salubridad de los aires también es antigua. Ya hemos citado las palabras de Hipócrates. Max Sorre habla de cómo Aristóteles la miraba como una condición esencial y afirma que en medio de la campiña romana desolada por las fiebres, la salubridad de las colinas, "saluberrimos colles", parecía a los antiguos una ventaja inestimable. Griegos y romanos conocieron el precio de un sitio barrido por el viento en cuanto a sus condiciones sanitarias, pero al mismo tiempo temían sus otros efectos. Y lo mismo ocurría en la Edad Media. En general el hombre mediterráneo repudió las grandes arterias, "sobre todo las que barren con violencia los vientos locales: tramontana, mistral o bora. Apartan los miasmas, desde luego, pero agotan los organismos. *Fastidiosus* es el epíteto del dicho popular. Todas estas disposiciones tan caprichosas en apariencia, tan alejadas de nuestro urbanismo geométrico, tan contrarias a nuestra superstición de aire y luz, que no comprendemos, no son más que defensas contra la luz excesiva y el viento". "Basta comparar Toledo, de calles sinuosas, con Madrid, cuya vialidad se adapta tan mal al clima, para comprender hasta qué punto son legítimas" (13).

Lavedan (14) supone también que la plaza cerrada responde a preocupaciones del mismo orden y hace notar que en Boulogne-sur-Mer, desde la Edad Media, se habían preparado rincones al abrigo del viento del mar con el significativo nombre de "les coins menteurs".

Sería enormemente sugestivo ir estudiando estos detalles de acondicionamiento ante la acción del viento a través de nuestra arquitectura popular, pero excedería nuestro tema inicial. Recordemos sólo a título de ejemplo el caso de Campo de Criptana, este hermoso pueblo manchego que a medida que se encarama va escondiendo bajo tierra sus blancos edificios para protegerse del viento, mientras aprovecha la energía de ese mismo viento, irguiendo en lo alto sus airosos molinos.

Entre los antiguos tratados merece recordarse *El Crestiá*, escrito en catalán entre 1381 y 1386 por el monje Eximenic: "Quina forma deu haver ciutat bella e be edificada." En relación a nuestro tema se encuentra este párrafo: "Los hospitales, leproserías, garitos, burdeles y desagües de cloacas deberán emplazarse al lado opuesto a aquel de donde procedan los vientos reinantes."

(Continuará.)

(13) Max Sorre: *Op. cit.*

(14) P. Lavedan: *Histoire de L'Urbanisme*. París, 1941.

La ciudad y el viento

Arquitecto: Fernando Terán.

(Continuación.)

Hay ciudades medievales españolas en las que puede estudiarse la dirección del viento en relación a su trazado. Entre las de trazado regular citemos en la provincia de Burgos el caso de *Briviesca* (fig. 25), y entre las de trazado irregular a Alcalá de Henares. En la primera, sea casual o no, la dirección de las calles es tal, que siguiendo los preceptos vitrubianos se evita perfectamente que el viento reinante, que es el del N., las enfilee. Siendo una ciudad de trazado geométrico, no parece aventurado suponer que la orientación de las calles no sea casual.

Alcalá de Henares es una ciudad de plano irregular. La dirección de gran número de sus calles sigue aproximadamente la del valle, la de la carretera, la de la vía férrea. Pero ésta es también la dirección de los vientos dominantes, de donde se deduce que esta ciudad no tuvo en cuenta, en su desarrollo, esta circunstancia. En la figura 26 damos el plano de Alcalá, el esquema de sus vientos, las calles barridas por vientos reinantes y dominantes y las plazas abrigadas y bien orientadas, las cuales sí parecen hechas pensando en su confortabilidad.

El plano en cuadrícula ortogonal que España exportó a América durante la colonización es rígido y falto de gracia, como producto de un sistema único *a priori*, que servía bien para facilitar y aligerar la labor de los colonizadores, no siempre bien instruídos y equipados. En las *Leyes de Indias* se encuentran las disposiciones referentes al trazado de ciudades y en ellas encontramos: "De la plaza salgan cuatro calles principales, una por medio de cada costado; y, además de éstas, dos por cada esquina: las cuatro esquinas miren a los cuatro vientos principales, porque saliendo así las calles de la plaza no estarán expuestas a los cuatro vientos, que será de mucho inconveniente." Otra vez Vitrubio, y otra vez su simplista concepción meteorológica.

Esta disposición no debió de cumplirse casi nunca al pie de la letra, siendo lo corriente el tipo de plaza rectangular o cuadrada con sus lados seguidos y las calles saliendo dos por cada esquina, como en el caso de Mendoza (Argentina), en cuyo trazado, por otra parte, no se temió que los vientos cardinales enfilasen las calles (figura 27), como puede verse por las representaciones laterales del plano que se conserva en el Archivo de Indias.

Dakar, a 14°, 40' de latitud N, es una ciudad tropical planeada, teniendo en cuenta la acción del viento, pero no para evitarla, sino para aprovecharla. La parte más importante de la ciudad está construída aprovechando

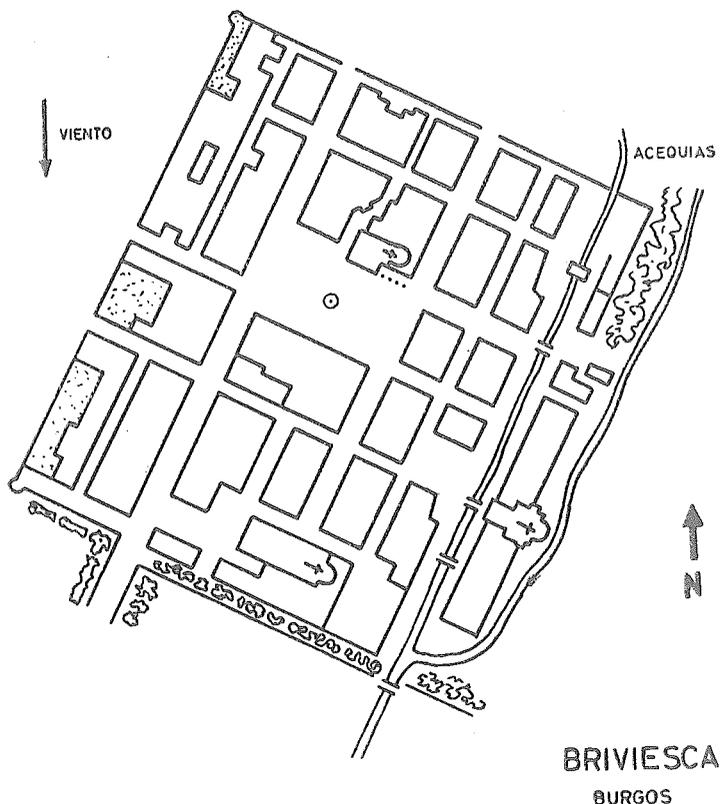
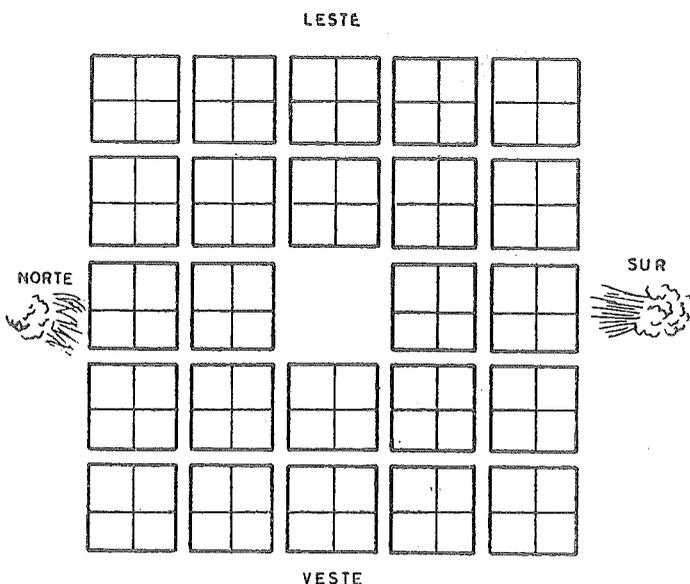
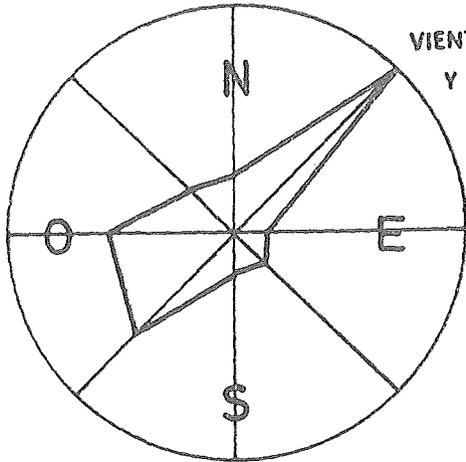


FIG. 25.



MENDOZA - ARGENTINA - 1.561
COPIA DEL PLANO EXISTENTE
EN EL ARCHIVO DE INDIAS

FIG. 27.



VIENTOS FUERTES
Y MUY FRIOS
16 %

ALCALA DE HENARES
GRAFICO DE DISTRIBUCION DE
VIENTOS

-  CALLES BARRIDAS POR EL VIENTO
-  PLAZAS BIEN ORIENTADAS

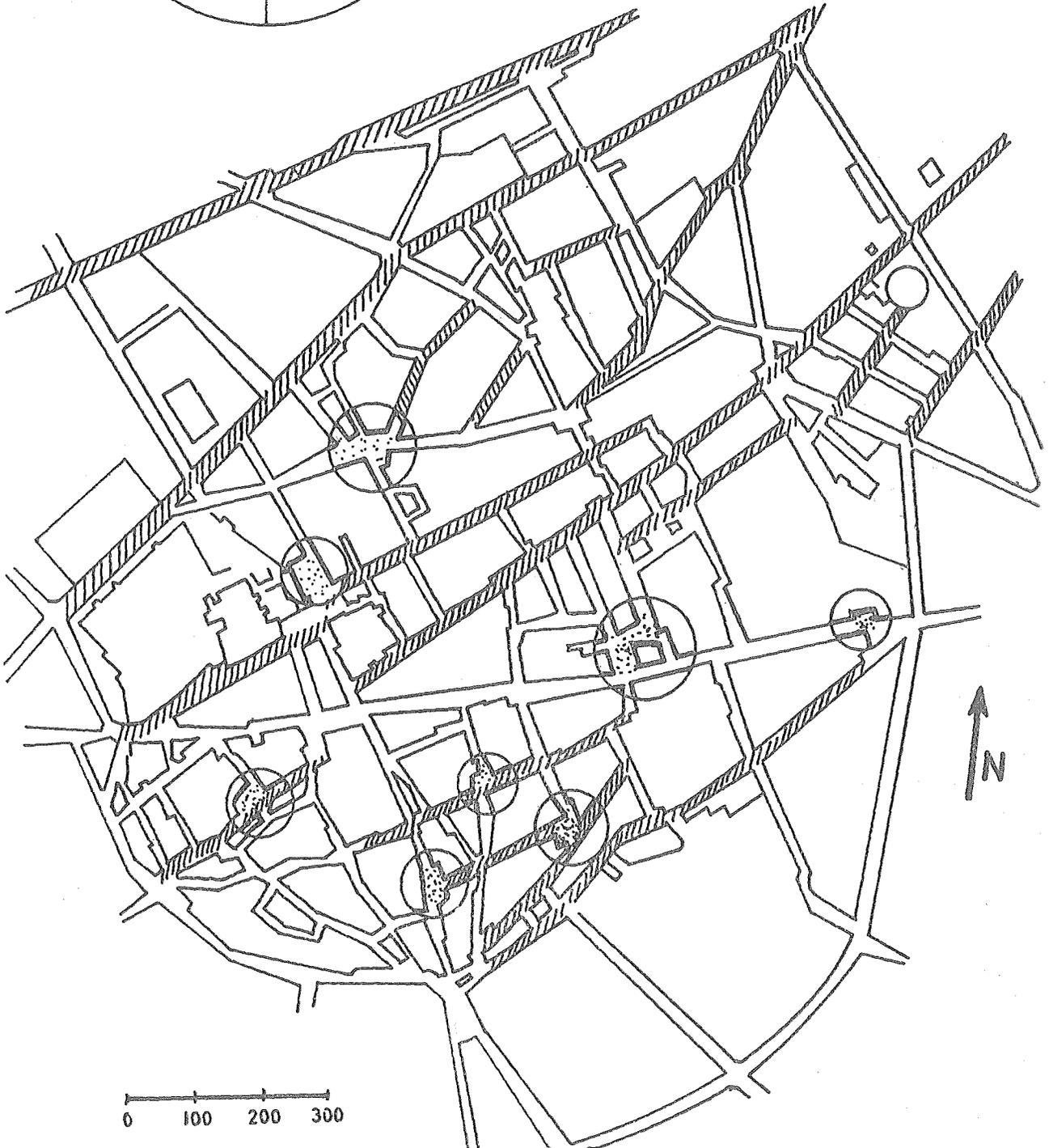
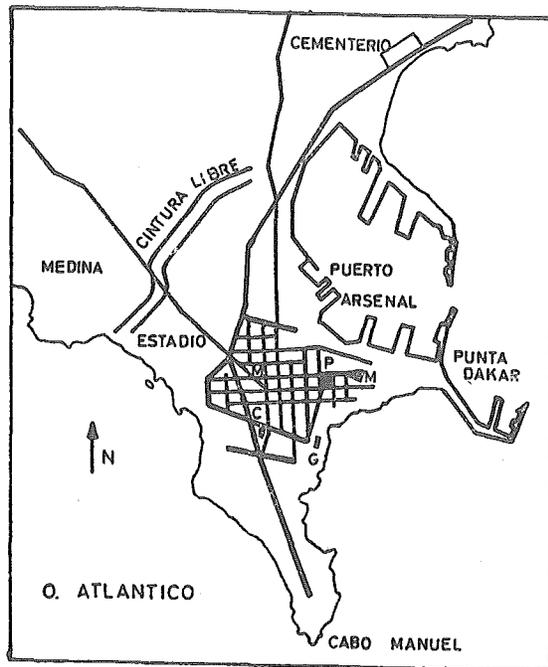


FIG. 26.



DAKAR

1.000 M.

- M. MERCADOS
- P. PLAZA
- C. CATEDRAL
- G. PALACIO DEL GOBERNADOR

FIG. 28.

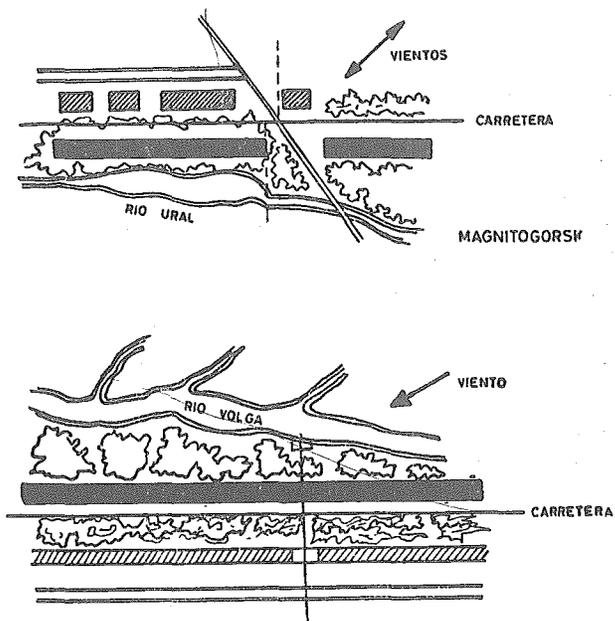
la altura del promontorio basáltico que penetra en el mar en Cabo Manuel (figura 28).

Los vientos reinantes se mueven en la dirección NS y SN, alternativamente, durante los meses secos, circunstancia que se tuvo en cuenta en el plano de 1860, adaptándolo a una cuadrícula con una de las direcciones, coincidiendo con la de los vientos para aprovechar su efecto refrescante. Toda la región de Cabo Verde ha sido objeto de reciente estudio por los urbanistas franceses Lambert, López y Gutton, que han hecho un plan general de ordenación que incluye a Dakar, con un estudio climático muy completo, con gráficos de temperatura, humedad, precipitaciones y vientos a lo largo del año (1).

También en el ensanche de Madrid, según el criticado proyecto del ingeniero don Carlos María de Castro, de 1860, se tuvieron muy en cuenta las direcciones de los vientos, como se puede ver en la Memoria del anteproyecto (2). Castro consideró los informes meteorológicos de que disponía con datos de los años 1846 y 1854 y, en consecuencia, proyectó las calles "resguardadas de los vientos NE y SO en un sentido y de los

(1) Publicado en *La arquitectura de hoy*, marzo 1947, Buenos Aires, y en *Conversations sur L'Architecture*, tome VI, de André Gutton, Paris.

(2) C. M.^a Castro: *Memoria descriptiva del ante-proyecto de ensanche de Madrid*, Madrid, 1860.



STALINGRADO
PLAN DE 1930

- VIVIENDAS
- INDUSTRIA
- FERROCARRIL
- ZONA VERDE

FIG. 29.

del NO y SE en el normal a aquél, que, como hemos visto en la parte estadística, son los predominantes y de peores condiciones en Madrid". El trazado del ensanche se hizo, pues, según una cuadrícula NS y EO, ya que "los vientos llamados cardinales son los de menos duración en cada año y, por consiguiente, los más ventajosos para señalar por su dirección la de los ejes de las calles de la población nueva..."

Bilbao es un interesante ejemplo, claro y cercano, de los nefastos resultados de un desacuerdo entre la zonificación y el viento. Situadas las instalaciones industriales a lo largo de la ría, y coincidiendo la dirección de ésta con la de los vientos reinantes (NO), los humos, gases, hollines e impurezas que mantienen las brumas negras, son trasladados directamente al centro de la ciudad.

La idea de la ciudad lineal de Soria y Mata, que en 1930 Milyutin desarrolló adaptándola a una ciudad industrial e incorporando las franjas de vegetación como separación entre los distintos elementos urbanos, se aplicó al construirse los ensanches de Stalingrado y Magnitogorsk, en los cuales fué perfectamente prevista y considerada la acción del viento (figura 29).

Wiener y Sert han tenido en cuenta en sus realizaciones de Medellín, Tumaco, Chimbote y la ciudad de

los Motores, la coordinación de la dirección de los vientos con la zonificación. En Medellín (Colombia) el barrio industrial está al sur, por venir el viento del Norte, habiéndose creado, además, cinturones verdes que protegen de la expansión de humos y olores.

Tumaco (Colombia) es ejemplo también de esto mismo y, además, vemos el cuidado de aprovechar las brisas y corrientes refrescantes, tanto en la urbanización como en la construcción.

En Chimbote (Perú) un cinturón verde de 50 metros de ancho oculta y separa el área industrial. En el proyecto del centro cívico ha sido cuidadosamente estudiado el efecto del clima, seco y caluroso, disponiéndose patios y jardines, porches, parasoles y grandes espacios a cubierto del sol para tiendas y paseos en sombra.

También en la Ciudad de los Motores (Brasil) estos mismos arquitectos dispusieron pasajes cubiertos, con ventilación adecuada, orientando todos los edificios del centro cívico, de modo que se beneficiasen de las brisas reinantes.

Finalmente, entre las recientes realizaciones urbanísticas, citaremos algunos casos en que habiéndose estudiado el régimen de vientos locales, el trazado se ha hecho teniéndolos en cuenta.

La ciudad de Papeete, en Tahití, ha sido objeto de un completo estudio con vistas a un plan director de expansión y reorganización urbana del arquitecto fran-

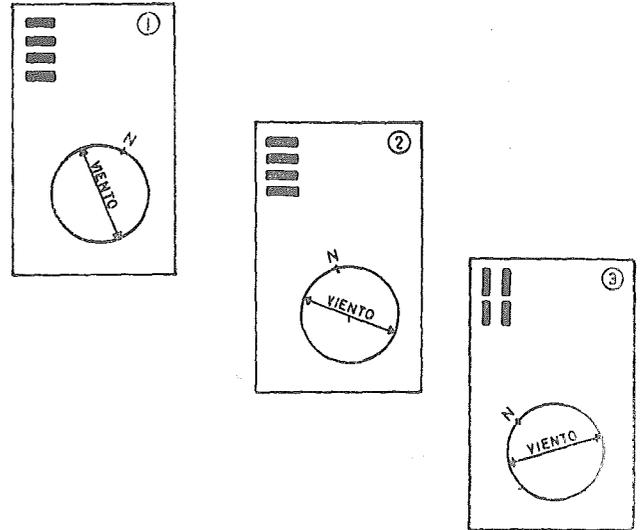
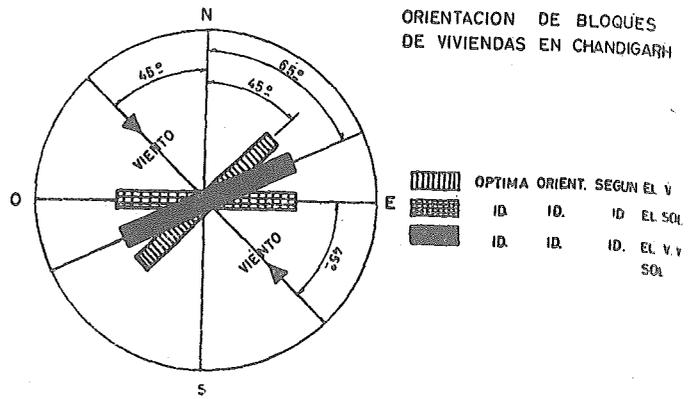


FIG. 30.

BAIGNOLS SUR CEZE ENSANCHE 1950

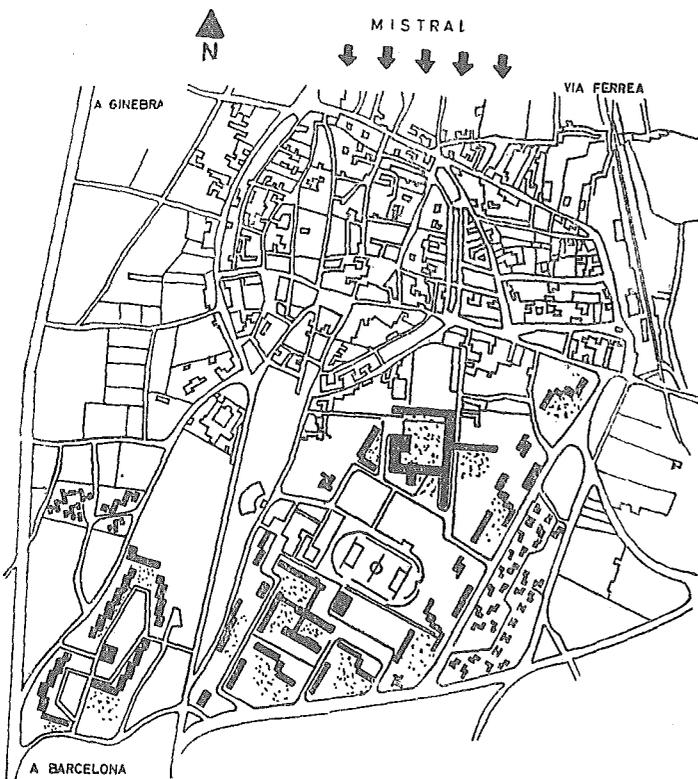


FIG. 31.

cés Robert Auzelle. En él se encuentran los gráficos correspondientes a los vientos locales y un análisis de las características de éstos y de sus alteraciones por la topografía (3).

La microclimatología y el paisaje han sido elementos fundamentales en el trazado de la nueva ciudad de Kitimat, a orillas del río Kitimat en la Columbia Británica (Canadá). Al escogerse este sitio para crear, de nueva planta, la ciudad-hogar de los trabajadores de una gran industria del aluminio, se tuvieron muy en cuenta las condiciones microclimatológicas, habiendo sido hecho un análisis de los vientos que dió por resultado la exclusión de algunas zonas poco convenientes. La dirección de las calles, en lo posible, fué dispuesta diagonalmente a la dirección NS, que es la de los vientos reinantes, habiendo dispuesto también en sitios estratégicos pantallas de árboles o cortavientos (4).

Bagnols, sur-Cèze es una pequeña ciudad medieval francesa de plano circular y trazado irregular, para la

(3) R. Auzelle: *Plan Directeur de Papeete. La vie urbaine*. Abril, mayo 1951.

(4) "Kitimat. A New city". *Architectural Forum*, julio-agosto-octubre de 1954.

que se ha hecho un plan de reforma y extensión necesario debido al crecimiento que va a experimentar esta ciudad desde que en 1957 se ha instalado a 10 kilómetros de ella el centro más importante de la energía atómica francesa. Situada a 30 kilómetros al N. de Avignon, esta ciudad está azotada por el mistral que sopla violentamente del N. En la figura 30 damos el plan del ensanche, en el que puede verse la influencia del viento en el trazado: orientación diagonal de bloques y vías; espacios protegidos (5).

También en el plan de Pierre Vago para Arlés (Francia), se consideró la acción del mistral para el emplazamiento de la ciudad industrial. Ejemplos de este tipo son fáciles de encontrar en casi todas las recientes realizaciones urbanísticas.

En el caso de Chandigarh (Punjab, India), ciudad prevista para 500.000 habitantes, los mismos arquitectos de Kitimat, Mayery Witlesey, junto con el mismo equipo dirigido por el climatólogo americano Landsberg, hi-

(5) "Remodélacion et extension de Bagnols-sur-Cèze". *L'architecture d'aujourd'hui*, octubre-noviembre 1958.

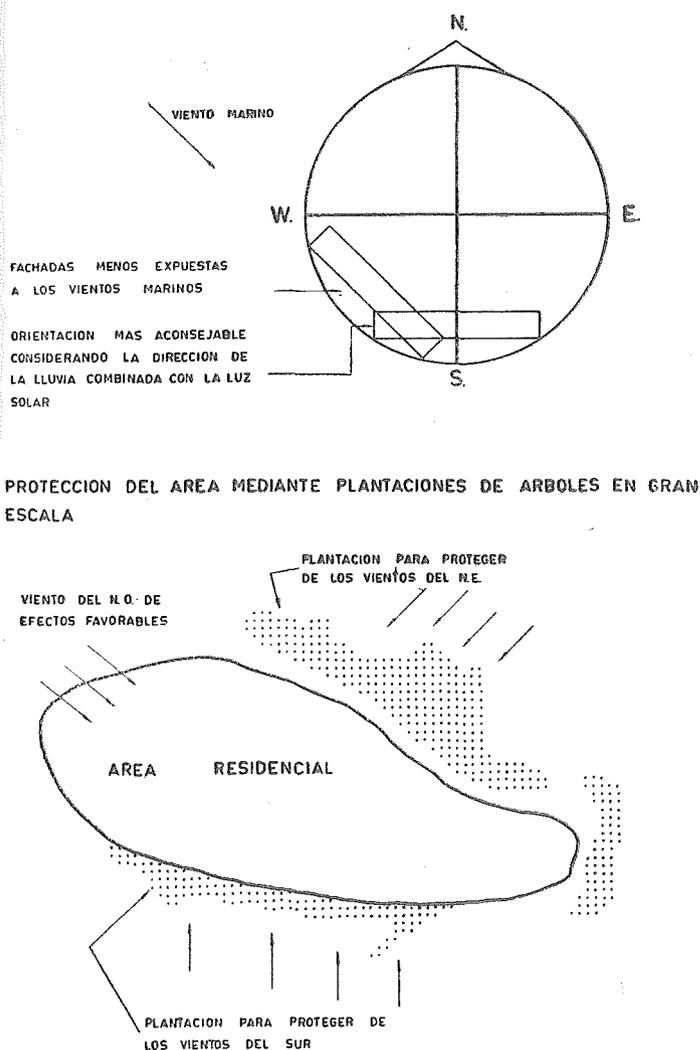


FIG. 32.

cieron unos detenidos estudios climatológicos previos, concediendo gran importancia al viento.

Es escaso el valor refrescante de los vientos generales en el Punjab, pero no el de las brisas locales, variando día y noche. El estudio de éstas tuvo una influencia considerable en el trazado de la ciudad. Determinó el más adecuado emplazamiento del área industrial al O y SO; la colocación del Capitolio en la dirección opuesta, al NE; la distribución de las viviendas de clase media en las líneas que más pueden beneficiarse de las brisas, ya que las viviendas de la clase alta tienen aire acondicionado, siendo, además, la dirección del viento la que determinó la orientación óptima de las casas (el sol se acerca mucho a la vertical); la creación de zonas verdes con masa de vegetación a barlovento de los lugares que se desea proteger de humos, olores o polvo y la construcción de las casas con aperturas opuestas según la dirección de las brisas, todo lo cual ha sido respetado por Le Corbusier como arquitecto director.

A estos resultados se llegó tras una serie de estudios entre los cuales tienen particular interés para nosotros las cartas de sol y viento que el equipo de científicos proporcionó a los arquitectos y los dibujos de condiciones óptimas para cada distrito (fig. 31).

Por último, citaremos el proyecto presentado al Concurso Internacional del Valle de Asúa (Bilbao) por el equipo Doxiadis, de Atenas, en colaboración con los arquitectos españoles Durán-Lóriga y Saiz Cabello, que tiene para nosotros el interés de aportar un completo estudio climatológico, del cual extraemos los gráficos que muestran cómo han sido consideradas las características de los vientos locales y que responden a los siguientes hechos:

El viento del NO trae las lluvias. Se aconseja dejar libre su dirección, porque aparta los humos y gases que vienen de Bilbao, llevándolos hacia el SE, y plantar jardines al SO, O y NO para reducir su velocidad.

Los vientos del S y SO traen impurezas, y los del N, NE y E, son muy fríos, por lo que se aconseja plantaciones de árboles en gran escala, a modo de protección.

La orientación de los bloques debe tender a conseguir un máximo de soleamiento y minimizar los efectos del viento del NO cargado de lluvia (figura 32).

Como final, podemos decir que nuestro tema, junto con todos los problemas semejantes sobre la influencia de las condiciones climatológicas sobre la construcción y el urbanismo, adquieren cada día más importancia.

Prueba de ello es que en el Segundo Congreso de la Sociedad Internacional de Bioclimatología y Biometeorología celebrado en Londres en septiembre de 1960, se ha incluido el tema de la arquitectura por primera vez en la historia de estos Congresos.

Entre otras interesantes comunicaciones importa destacar las siguientes: la doctora Dirnhim, de Viena, estudió las variaciones del clima dentro de una misma ciudad y la localización de zonas industriales, verdes y residenciales, de acuerdo con las direcciones principales de los vientos; el profesor Page, de la Universidad de Sheffield, estudió el efecto del viento sobre los edificios. Otros conferenciantes de la Oficina Meteorológica Británica dieron resultados de medidas de temperatura del aire en las calles de Londres afectadas por el ciclo que las brisas marinas producen de una punta a otra de la ciudad.

También se insistió sobre la alteración del microclima por la construcción de un edificio, afirmándose que la construcción de una ciudad en un paraje libre cambiaría notablemente el clima local de la región.

El profesor Robinson y M. Peleg, del Instituto Técnico de Haifa, describieron los experimentos realizados en Israel en casas construidas según diversos tipos, con distintos materiales y con situación diferente de huecos, en las cuales se combinaba las acciones del viento, temperatura y luz solar.

CONCLUSIONES

Como resultado de todo lo visto podemos deducir los siguientes puntos:

El problema del viento en relación a la ciudad ha sido estudiado por geógrafos y meteorólogos, conociéndose en la actualidad las relaciones y perturbaciones existentes, y pudiéndose prever los efectos del viento en una urbanización planeada.

La importancia del problema para unas condiciones climáticas normales, y salvo en casos especiales de urbanización, no es como para determinar decisivamente un trazado, pero conviene siempre al urbanista una información previa acerca de las características meteorológicas de la región, y una vez tenidos en cuenta fundamentalmente los factores decisivos, disponer en lo posible el tejido urbano de modo que se eviten humos

perjudiciales, que los vientos fríos en invierno no barran las plazas o recintos de esparcimiento, ni hagan desagradable el tránsito por las vías y que en verano estos mismos lugares puedan beneficiarse de corrientes de aire refrescantes. Para conseguirlo el urbanista tiene a su disposición los medios que hemos visto (colocación de bloques en relación a la dirección del viento, desviación de calles, pantallas vegetales...) y con su criterio, en cada caso concreto, resolverá el problema atendiendo a estas pocas normas generales:

Elección de parajes adecuados. Exclusión de áreas que microclimatológicamente no reúnan buenas condiciones.

Emplazamiento periférico de zonas industriales en la dirección opuesta a aquella de donde vienen los vientos reinantes.

Protección de los vientos fríos y desagradables por la disposición preferentemente oblicua de vías y bloques. Creación de ámbitos protegidos por bloques-pantalla ortogonales o de pantallas vegetales en los sitios que deje libres la edificación. Por la disposición ortogonal y paralela a la dirección de los vientos, conservación de aireamiento en vías y ámbitos urbanos aprovechando los vientos frescos en climas calurosos.

Estas conclusiones, a las que, como se ve, hemos llegado a través de una recopilación de investigaciones, opiniones y trabajos ajenos, dispersos, inconexos y hasta contradictorios, creemos que pueden ser de interés para quien tenga que acometer una tarea de planeamiento urbanístico.

El propósito ha sido precisamente dar a todo ello una cierta coherencia para tener unos puntos en que apoyarse sobre una materia un poco movediza.

Una positiva labor de investigación, ahondando sobre lo que aquí queda expuesto, sigue pendiente. Para realizarla se requiere una dedicación, un grado de especialización y un instrumental muy específico. Quede hecha aquí la invitación a físicos, geógrafos, meteorólogos, climatólogos, aeronáuticos y... arquitectos.

BIBLIOGRAFIA

- Abercrombie, P.: *Town and country planning*. New York, 1933.
Aresi, A. E.: *Urbanística*. Milano.
ARONIN, J. E.: *CLIMATE AND ARCHITECTURE*. NEW YORK, 1953.
Bardet, G.: *Problems d'urbanisme*. Paris, 1948.
Bruner, K. H.: *Manual de urbanismo*. Bogotá, 1940.
Castro, C. M. de: *Memoria descriptiva del anteproyecto de ensanche de Madrid*, 1860.
Eckbo, G.: *The art of Home landscaping*. Nueva York, 1956.
Fontseré, E.: *Elementos de meteorología*. Barcelona.
Freeman, T. W.: *Geography and planning*. Londres, 1958.
Geiger: *The climate near the ground*. Harvard Press, 1950. U.S.A.
Gutton: *La charte de l'urbanisme*. Paris, 1941.
— *Conversations sur L'architecture*. Tome VI. París.
Hat and Reiss. *Cities and society*. Illinois.

- KRATZER, A.: *DAS STADTKLIMA*. VIEWEG UND SHON. BRAUNSCHWEIG, 1937.
LANDSBERG, H. E.: *THE CLIMATE OF TOWNS*. (MAN'S ROLE IN CHANGING THE FACE OF THE EARTH). CHICAGO, THOMAS EDIT.
Lavedan, P.: *Histoire de l'urbanisme*. Paris, 1941.
Lebretón, J.: *La cité naturelle*. Paris, 1945.
Mayer and Kohn. *Readings in urban geography*. Chicago.
Rigotti: "Urbanismo". *La Técnica*. Torino.
Sorre, M.: *Les fondements de la géographie humaine*. Paris, 1952.
Torres Balbás, Chueca: *Planos de ciudades iberoamericanas y filipinas del Archivo de Indias*.
Torres Balbás, Chueca, Cervera, Bidagor: *Resumen histórico del urbanismo en España*. Madrid, 1954.
Tricart: *L'habitat urbain*. Paris.
Volkers, O.: *Dorf und Stadt*. Leipzig, 1942.
Wailly, J. de: *Espaces verts*. Eyrolles ed. Paris, 1954.