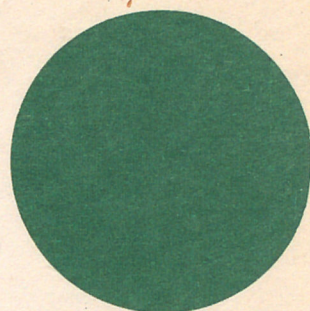


MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO
Y COMUNICACIONES

INM INSTITUTO
NACIONAL
DE METEOROLOGÍA



PUBLICACION
A - 98

Vientos Violentos en el Observatorio de Oviedo

Pedro Mateo González

MADRID
1984



BIBLIOTECA

Devolver este libro antes de la última fecha anotada:

22 ABR. 2008	

AEMET-BIBLIOTECA



1002021

R: 1.565 / F

CB.1062021

Sig 455 = 60

MINISTERIO DE TRANSPORTES, TURISMO
Y COMUNICACIONES

INM INSTITUTO
NACIONAL
DE METEOROLOGIA

PUBLICACION

A - 98

VIENTOS VIOLENTOS EN EL OBSERVATORIO METEOROLOGICO DE OVIEDO

por

PEDRO MATEO GONZALEZ

Dr. en Ciencias Físicas

Meteorólogo

Depósito legal: M. 41861-1984

I. S. B. N.: 84-505-0765-0



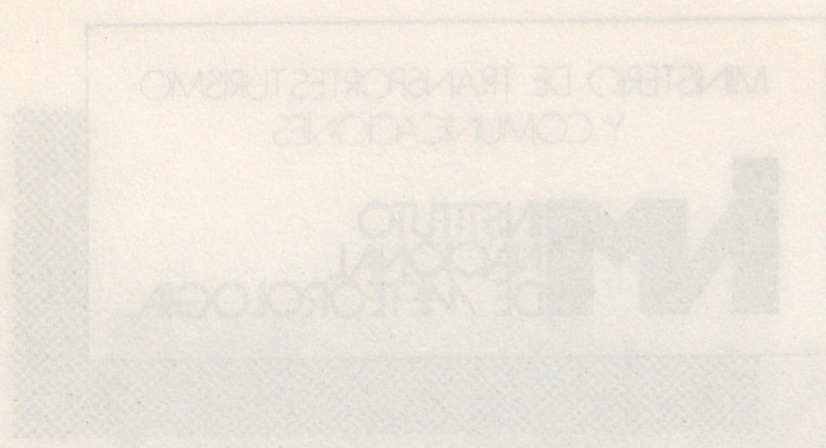
M A D R I D

1984

00-22N 3.2

7777

1505051



PUBLICACION

A-98

VIENTOS VIOLENTOS EN EL OBSERVATORIO METEOROLOGICO DE OVIEDO

Dr. en Ciencias Físicas	Dr. en Ciencias Físicas
Meteorología	Meteorología
PEDRO MATO GONZALEZ	PEDRO MATO GONZALEZ
Bot	Bot
Deposito legal: M. 41887-1984	
I. S. B. N. : 84-805-9783-0	



Imprime: Rufino García Blanco
Avda. Pedro Díez, 3. 28019 Madrid

RESUMEN

INDICE

	Página
RESUMEN	5
1. INTRODUCCION	7
2. UN TEMPORAL DE VIENTO CON EFECTOS FISICOS EN INSTRUMENTOS DEL OBSERVATORIO, AJENOS A LOS ANEMOMETROS	8
3. SITUACION GEOGRAFICA DEL OBSERVATORIO DE OVIEDO ...	10
4. EQUIPOS EMPLEADOS EN LA MEDIDA DE LOS VIENTOS EN EL OBSERVATORIO DE OVIEDO	12
5. RACHAS DE VIENTO IGUALES O SUPERIORES A 100 Km/h EN EL OBSERVATORIO DE OVIEDO	16
6. RACHAS DE VIENTO IGUALES O SUPERIORES A LOS 150 Km/h Y DIRECCIONES DE LOS VIENTOS VIOLENTOS EN EL OBSERVATORIO DE OVIEDO	18
6.1. Temporal de viento del 17 de enero de 1975	19
6.2. Temporal de viento de los días 1 y 2 de diciembre de 1976.	20
6.3. Temporal de viento del día 11 de diciembre de 1978 ...	21
6.3.1. Estimación de la racha máxima por el efecto de sobrepresión dinámica	24
6.3.2. Estimación de la racha máxima por el vuelco y derribo del piranógrafo bimetalico	26

7. SITUACIONES METEOROLOGICAS EN LOS VIENTOS CON RA-
CHAS IGUALES O SUPERIORES A 150 Km/h EN EL OBSERVA-
TORIO DE OVIEDO 29

8. REFERENCIA AL TEMPORAL DE LA NOCHE DEL 15 AL 16 DE
FEBRERO DE 1941 32

INDICE

Página

RESUMEN 5

1. INTRODUCCION 7

2. UN TEMPORAL DE VIENTO CON EFECTOS FISICOS EN INS-
TRUMENTOS DEL OBSERVATORIO. ALEJOS A LOS ANEMO-
METROS 8

3. SITUACION GEOGRAFICA DEL OBSERVATORIO DE OVIEDO ... 10

4. EQUIPOS EMPLEADOS EN LA MEDIDA DE LOS VIENTOS EN
EL OBSERVATORIO DE OVIEDO 12

5. RACHAS DE VIENTO IGUALES O SUPERIORES A 100 Km/h
EN EL OBSERVATORIO DE OVIEDO 16

6. RACHAS DE VIENTO IGUALES O SUPERIORES A 150 Km/h
Y DIRECCIONES DE LOS VIENTOS VIOLENTOS EN EL OBSER-
VATORIO DE OVIEDO 18

6.1. Temporal de viento del 17 de enero de 1978 19

6.2. Temporal de viento de los días 1 y 2 de diciembre de 1978. 20

6.3. Temporal de viento del día 11 de diciembre de 1978 ... 21

6.3.1. Estimación de la racha máxima por el efecto de
sobrepresión dinámica 24

6.3.2. Estimación de la racha máxima por el efecto y de
modo del piranómetro giratorio 25

R E S U M E N

1. INTRODUCCION

El 11 de diciembre de 1978, en el Observatorio Meteorológico Especial de Oviedo se registraron rachas de viento que rebasaron los límites de las escalas de sus dos anemómetros (180 Km/h). Los efectos de las presiones dinámicas de dichas rachas, sobre dos instrumentos meteorológicos ajenos a los anemómetros, permitieron estimar una velocidad de, al menos, 190 Km/h y que fuese posible una velocidad del orden de 200 Km/h, lo cual ocurrió en altitudes que incluyen el hábitat humano.

Siendo este suceso la causa inicial de este trabajo, se amplió al estudio de las rachas de viento iguales o superiores a 100 Km/h e iguales o superiores a 150 Km/h en el período 1973-1982.

S U M M A R Y

On December 11th, 1978 in the Special Meteorological Observatory of Oviedo, wind gusts were recorded that exceeded the scale limits of its two anemometers (180 Km/h). The effects of dynamic pressures of these gusts on the other meteorological instruments, different from anemometers, made it possible to estimate a velocity of, at least, 190 Km/h with the possibility of a velocity of some 200 Km/h. This happened at a height also covered human dwellings.

As this event has been the initial cause of this study, same has been extended to wind gust equal or superior to 100 Km/h and also to other equal or superior to 150 Km/h, during the period 1973-1982.

7. SITUACIONES METEOROLÓGICAS EN LOS VIENTOS CON RA- CHAS IGUALES O SUPERIORES A 150 KM/H EN EL OBSERVA- TORIO DE OVIEDO	29
8. REFERENCIA AL TEMPORAL DE LA NOCHE DEL 15 AL 16 DE FEBRERO DE 1941	32

RESUMEN

El 11 de diciembre de 1978, en el Observatorio Meteorológico Especial de Oviedo se registraron rachas de viento que rebasaron los límites de las escalas de sus dos anemómetros (180 Km/h). Los efectos de las presiones dinámicas de dichas rachas, sobre dos instrumentos meteorológicos ajus- nos a los anemómetros, permitieron estimar una velocidad de, al menos, 190 Km/h y que fuese posible una velocidad del orden de 200 Km/h, lo cual ocurrió en altitudes que incluyen el hábitat humano.

Siendo este suceso la causa inicial de este trabajo, se amplió al estu- dio de las rachas de viento iguales o superiores a 100 Km/h e iguales o superiores a 150 Km/h en el período 1973-1982.

SUMMARY

On December 11th, 1978 in the Special Meteorological Observatory of Oviedo, wind gusts were recorded that exceeded the scale limits of its two anemometers (180 Km/h). The effects of dynamic pressures of these gusts on the other meteorological instruments, different from anemometers, made it possible to estimate a velocity of, at least, 190 Km/h with the possibility of a velocity of some 200 Km/h. This happened at a height also covered human dwellings.

As this event has been the initial cause of this study, same has been extended to wind gust equal or superior to 100 Km/h and also to other equal or superior to 150 Km/h, during the period 1973-1982.

1. INTRODUCCION

Es conocida la dificultad que hay en Meteorología para un exacto y representativo registro del viento instantáneo, no tanto de su dirección (al menos su dirección media), como de su velocidad. Para vientos violentos es un dato vectorial difícil de valorar por su rafagosidad. Los ensayos de calibración de anemómetros en túneles de viento, con flujo laminar, han tenido que ser ampliados con modelos de vientos racheados. Ahora bien, las rachas están íntimamente ligadas a la rugosidad de la superficie terrestre, tanto natural como artificial, por las construcciones humanas, y para cada lugar de observación sería preciso establecer un modelo a escala que, de todas maneras, sería una defectuosa imagen de la realidad, y que, por otra parte, supondría la inmutabilidad del medio en que está dicho lugar de observación lo cual normalmente no ocurre.

También es conocido el hecho de que la velocidad del viento aumenta con la altitud y que no es recomendable, por este motivo, establecer registros máximos (o *records*) de velocidad del viento sin una mención explícita de la altitud del lugar de registro y, desde luego, de la altura efectiva del sensor del anemómetro, teniendo en cuenta su contorno. En relación con este dato del viento nos referimos, en particular, a los máximos que aparecen para España en diversas publicaciones en las que no se explica con claridad, ni se discuten, las condiciones en que el registro de la racha máxima fue efectuado, esto es, tipo de instrumento, altura efectiva del sensor, alcance máximo de la escala de registro de velocidad y si se ha procedido por extrapolación, u otro medio, en el caso de que la velocidad haya sobrepasado dicho alcance máximo.

Se pretende en las líneas que siguen hacer una exposición de las rachas de viento iguales o superiores a 100 Km/h, registradas en el Observatorio Meteorológico Especial de Oviedo, desde 1973 a 1982, y demostrar que, al menos en una ocasión, se tuvo la oportunidad de calcular estimaciones de rachas de viento de, al menos, 190 Km/h por los efectos físicos de la presión dinámica del viento, una vez que los límites de las escalas

de los dos anemómetros operativos en el Observatorio fueron rebasadas. No se trata en modo alguno de establecer una marca (o *record*), sino de mostrar que un observatorio situado en altitud incluida en las del hábitat humano, ha registrado rachas de viento que pueden estimarse del orden de los 200 Km/h, con un tiempo de retorno que es posible sea relativamente corto; por ejemplo del orden de treinta años.

Por otra parte, es conocida la dificultad del tratamiento estadístico del viento, y teniendo en cuenta que sólo se dispone de diez años de observaciones no se hará ningún intento de abordar dicho tratamiento, lo cual no quiere decir, desde luego, que no pueda hacerse.

2. UN TEMPORAL DE VIENTO CON EFECTOS FISICOS EN INSTRUMENTOS DEL OBSERVATORIO AJENOS A LOS ANEMOMETROS

El autor se permite empezar con un relato personal referente al citado temporal ocurrido el 11 de diciembre de 1978.

Alrededor de las ocho de la mañana (7 h TMG) de dicho día conducía su coche para incorporarse al puesto de trabajo de jefe del Observatorio Meteorológico Especial de Oviedo. Dicho Observatorio está en las afueras de Oviedo, hacia el sur, en un lugar denominado El Cristo de las Cadenas o, sencillamente, El Cristo, por una iglesia de cierta antigüedad y fama en la región. Avanzaba con el coche por la avenida de El Cristo, preocupado porque en la madrugada se había desencadenado un vendaval, y aun cuando el viento había amainado considerablemente, los efectos del mismo podían haber ocasionado el corte de la carretera para la circulación. Los informes telefónicos que, antes de partir, había obtenido del Observador de Meteorología de servicio no eran muy alentadores y posiblemente sería la primera persona que iba a intentar pasar en coche hasta alcanzar el Observatorio. Cuando, sorteando algunas dificultades, llegó hasta la confluencia de la avenida de El Cristo con la avenida del Dr. Clavería, ya a 500 metros del Observatorio, fue imposible seguir. A continuación, la avenida de El Cristo se presentaba interrumpida por postes derribados y cruzados en la carretera, ramas desgajadas, cascotes y marañas de cables desprendidos y pendientes de diversos puntos de sujeción.

Dejando el vehículo siguió el camino a pie y llegó al Observatorio sorteando los obstáculos. Antes de entrar pudo comprobar que los sensores de viento permanecían en lo alto de la torre del edificio, aparentemente sin novedad. Las barras que soportan todos los sensores están soldadas a la estructura metálica del edificio.

El observador de servicio (Tomás de la Rosa Ruiz) y el conserje (Arturo Alvarez Cabo) estaban impresionados por un estruendo indescriptible que habían oído, coincidiendo probablemente con la racha más violenta del viento. Esto ocurrió sobre las 2-45 h TMG y, al mismo tiempo, el Observatorio quedó sin energía eléctrica. La falta de la misma dejó fuera de servicio los teletipos, el radio-facsímil y los instrumentos meteorológicos con alimentación eléctrica. El suministro de esta energía no fue restablecido hasta las 11 h TMG del día siguiente: el vendaval había retorcido y derribado torres de alta tensión.

Como consecuencia de estos hechos, actualmente el Observatorio está dotado de un grupo electrógeno para evitar que, en momentos críticos, queden fuera de servicio algunos instrumentos meteorológicos y los equipos de comunicaciones.

Los instrumentos duplicados de dirección y velocidad del viento no habían sufrido ningún daño. Comprendían un anemómetro-veleta Munro con registrador y, por separado, un anemómetro y una veleta marca Papillon, de la casa Richard, ambos con indicadores y registradores. El Munro, alimentado por energía eléctrica de la red, quedó fuera de servicio, excepto el registro superpuesto de las rachas de viento, pues su energía eléctrica procede de la mecánica del giro del molinete del anemómetro.

Ya en dos temporales anteriores desde el establecimiento del Observatorio, en el transcurso del año 1972, había sido rebasado el límite de la escala del registrador del anemómetro Papillon, que es de 50 m/seg. (180 Km/h), pero no la del Munro, que es de 90 nudos (167 Km/h). Tal hecho se atribuyó al menor momento de inercia del molinete del Papillon, en relación con el del Munro, pues aquél es de brazos de cazoletas mucho más cortos y de cazoletas más ligeras. Sin embargo, en este temporal los límites de ambas escalas habían sido rebasados: en el Papillon repetidas veces y en el Munro una vez antes de cortarse la energía eléctrica, y de nuevo al pararse su reloj eléctrico, que mueve el tambor del registrador, pudiendo haber en este último registro más de uno superpuesto.

Afortunadamente, en esta ocasión habían ocurrido dos efectos físicos, y de estimación ponderable, de la fuerza del viento, que expresamos a continuación. La dirección del viento fue del sur e incidió con una componente normal a la fachada suroeste del edificio. En dicha fachada hay una ventana que corresponde al departamento de registradores de viento, el cual es anejo, con acceso por una puerta, a otro pequeño departamento aislado y destinado a los barómetros. La penetración del viento por los intersticios de la ventana y puerta, al incidir sobre un barógrafo de peso, produjo unas oscilaciones de la inscripción de la aguja perfectamente vi-

sibles y atribuibles al efecto de *bombeo* (*pumping* en la literatura inglesa), debido a la sobrepresión dinámica de la fuerza del viento.

El segundo de los efectos fue el volteo y derribo, sobre la terraza superior de la torre del Observatorio, de un piranógrafo bimetálico Siap instalado sobre una plataforma situada apoyándose en la esquina, hacia el sudeste, de la barandilla de dicha terraza. Este efecto del viento, así como el expuesto en el párrafo anterior, se discutirá en líneas posteriores.

Como quiera que los registros de días con rachas de viento iguales o superiores a 100 Km/h no son extraordinarios en el Observatorio de Oviedo, nos disponemos a exponer algunas notas sobre los mismos durante los diez años comprendidos entre 1973 y 1982, ambos inclusive, además de considerar los días con rachas iguales o superiores a 150 Km/h y, entre ellas, la racha máxima estimada en el citado vendaval del 11 de diciembre de 1978.

3. SITUACION GEOGRAFICA DEL OBSERVATORIO DE OVIEDO

El Observatorio está situado en las afueras de la ciudad, tal como se ha indicado en el apartado 2. Sus coordenadas geográficas son: latitud, 43° 21' 13" N; longitud, 5° 52' 24" W (Grenwich). En el umbral de su puerta hay un clavo que fija su altitud, determinada por métodos topográficos, y es de 334,562 m. La altura sobre el suelo de los sensores de viento situados en la terraza de su torre es de 15,2 metros y se estima una altura efectiva de 10 metros, de conformidad con las recomendaciones internacionales.

En la figura 1 se ha reproducido el mapa de contorno del libro de constantes y tablas del Observatorio. La confección del mapa ya indica las características generales de la topografía de Asturias, que se reflejan, como si fuera a escala reducida, en la posición del Observatorio. En efecto, el mapa es asimétrico, con un sector norte de relieve menos importante que el sector sur, el cual tiene altitudes notables y accesos meridionales, entre las montañas, por las direcciones que indican las cuencas de los ríos.

La posición del Observatorio está en la divisoria de los ríos Nalón y su afluente el Nora. A la hora de elegir vertiente o cuenca para su numeración climatológica, se decidió por el Nora por escaso margen.

Todos los valles meridionales, entre montañas, son trayectorias que deben de seguir los vientos que fluyen del sur. Por la noche, en situaciones an-

ticiclónicas, el enfriamiento del fondo de los valles y los vientos catabáticos originan un flujo de aire siguiendo los cursos de los ríos y determinan las trayectorias de la contaminación atmosférica (1).

Cuando los vientos del sur son violentos, aparte de producirse el conocido efecto *foehn*, después del paso del frente cálido, en superficie u ocluido, la penetración del aire posterior al frente frío ocurre cayendo sobre los valles desde las montañas, de modo que el empuje sobre el aire cálido se produce violentamente y dicho aire cálido puede estar sometido a impulsos dinámicos discontinuos, superpuestos a los procedentes del gradiente de presión, como se estima que ocurrió en el temporal del 11 de diciembre de 1978, de modo que los vientos alcanzan sus máximas rachas violentas anteriormente al paso del frente frío y no después de éste, como es normal.

4. EQUIPOS EMPLEADOS EN LA MEDIDA DE LOS VIENTOS EN EL OBSERVATORIO DE OVIEDO

Como ya se ha expresado en líneas anteriores, uno de los equipos es un anemómetro-veleta Munro, con sensores en línea; el anemómetro, con molinete de tres cazoletas, arriba y debajo la veleta, formando un cuerpo único. El anemómetro es una magneto en el cual el eje del molinete termina, en su parte inferior, en un rotor de seis polos magnéticos permanentes que actúan de inductores de una corriente alterna en sendas bobinas conectadas al registrador, en donde la corriente alterna es rectificada y actúa sobre un galvanómetro graduado en unidades de velocidad de viento. La veleta es del tipo de par de motores de posición, esto es, el mecanismo de registro de dirección consiste en un motor de campo magnético variable, conectado a un motor similar en el sensor, formando los dos un sistema sincrónico automático. Los movimientos de la veleta actúan sobre el inducido del motor del sensor y son transmitidos al inductor del registrador y, de este modo, el inducido de éste mueve el sistema inscriptor. La alimentación eléctrica para el funcionamiento de los motores se toma de la red exterior. De igual modo, el tambor del registrador gira mediante un reloj eléctrico, con energía también procedente de la red exterior.

Este equipo se instaló el 21 de enero de 1973, procedente del entonces Servicio Meteorológico Nacional. En el mes de mayo de 1981 el autor ob-

(1) MATEO GONZALEZ, Pedro: «Consideraciones sobre Meteorología y contaminación atmosférica con especial aplicación a Asturias», *Boletín de Ciencias de la Naturaleza de I. D. E. A.* núm. 26. Oviedo, 1980.

servó que, con vientos flojos, el molinete no giraba, por lo cual, el 19 de dicho mes se retiró el sensor del anemómetro y se remitió, para su reparación, a la Sección de Instrumentación del Instituto Nacional de Meteorología, de donde fue devuelto, ya reparado, instalándose de nuevo el 16 de junio de dicho año, continuando actualmente en buen funcionamiento.

La causa del funcionamiento defectuoso fue la solidificación de la grasa en los rodamientos a bola del eje, y la interrogante que se planteaba era cuándo podía haber ocurrido tal solidificación, la cual podía haber originado un registro con error, por defecto, de la velocidad del viento. El estudio del tiempo estableció que, posiblemente, la solidificación de la grasa de los rodamientos podría haber ocurrido el 16 de febrero de 1979, día en el que se registró en el Observatorio una mínima de $-1,2^{\circ}\text{C}$, y se cree recordar que hubo que hacer rodar manualmente el molinete del anemómetro Papillon, detenido por motivos de englamamiento en el eje. Es posible que desde aquella fecha hasta la de su reinstalación, el 16 de junio de 1981, marcarse velocidades de viento inferiores a las verdaderas. Entre ambas fechas no hubo ningún registro de viento que alcanzase los 150 Km/h, como más adelante se verá. En resumen, el anemómetro Munro fue operativo desde el 21 de enero de 1973 hasta el 19 de mayo de 1981 y desde el 16 de junio del mismo año hasta el último día de 1982, en que termina el tiempo que comprende este trabajo (continúa operativo), con un intervalo de 16 de febrero de 1979 a 19 de mayo de 1981 de registros con posibles errores por defecto.

Los equipos, por separado, del anemómetro y veleta Papillon, de la casa Richard, se instalaron en agosto de 1972. Empezaremos por la veleta, cuya historia es simple, pues fue siempre la misma y sigue actualmente funcionando. La corriente eléctrica de voltaje constante, procedente de unas pilas, es conducida a un reóstato con resistencia variable, según la posición de la veleta, dando en consecuencia una intensidad también variable de la corriente eléctrica, la cual se registra mediante un amperímetro, en forma de cada una de las dieciséis direcciones de la Rosa de los Vientos. Consta de indicador y registrador, cuyo tambor gira por medio de un reloj de muelle real. El funcionamiento es independiente de la energía eléctrica exterior, pero actualmente, en vista del progresivo encarecimiento de las pilas eléctricas, la energía se recibe de la red exterior, por intermedio de un reductor de voltaje, teniendo en cuenta que en la entrada general de la energía eléctrica se dispone de un estabilizador y que el Observatorio, como ya se ha expresado, tiene instalado un grupo electrógeno.

El equipo del anemómetro Papillon no tuvo el mismo éxito. Como se

ha expresado fue instalado en agosto de 1972 y es, como el Munro, del tipo magneto. En el sensor un solo imán permanente gira, por la acción del molinete de tres cazoletas, sobre dos bobinas en las cuales induce una corriente alterna que, una vez rectificada, es registrada en un galvanómetro en el indicador y otro en el registrador, ambos graduados en velocidades de viento. El tambor del registrador, como en la veleta, es giratorio por un reloj de muelle real.

Desde su instalación, el funcionamiento fue bueno hasta que, a partir del 13 de octubre de 1973, empezaron a producirse cortes en la corriente generada por la magneto, repetidas veces y de forma fortuita. Se averiguó que eran debidos a una mala conexión del hilo terminal de una bobina, que se conectaba o desconectaba con los pequeños movimientos que el viento producía en el cuerpo del sensor: se reparó el 8 de noviembre de 1973. Salvo estas fortuitas interrupciones, funcionó satisfactoriamente hasta el 6 de abril de 1979. En dicha fecha fue desmontado el sensor por oírse ruidos procedentes de los rodamientos a bolas del eje de giro y se cambiaron dichos rodamientos. A partir de entonces, tanto este instrumento como otro remitido por la Sección de Instrumentación del Instituto Nacional de Meteorología para sustituirlo, marcaron velocidades inferiores al Munro a partir del orden de unos 40 Km/h, diferencias tanto más notables cuanto mayores eran las velocidades de las rachas. El anemómetro original, así como su sustituto, fueron enviados repetidas veces a la Sección de Instrumentación para su calibración, sin resultado positivo. Otro tercer anemómetro procedente de la misma e instalado posteriormente al plazo abarcado por este trabajo tiene el mismo defecto.

En lo que se refiere a estas notas hay un período, desde enero de 1973 hasta el 6 de abril de 1979 (salvo esporádicamente del 13 de octubre al 8 de noviembre de 1973), en el que la racha máxima registrada diariamente fue obtenida, generalmente, del anemómetro Papillon, más sensible que el Munro, con cuatro exclusiones: el 27-1-1975, el 1 y 2-12-1976 y el 11-12-1978, de los que se tratará más adelante.

A partir del 6 de abril de 1979 las rachas máximas diarias que se exponen proceden bien del anemómetro Papillon o del Munro, pudiendo estar ambos en funcionamiento o sólo uno, con la advertencia de que puede haber error por defecto en el Papillon y también en el registro del Munro, desde el 16 de febrero de 1979 hasta el 16 de junio de 1981, por los motivos expuestos al tratar de este anemómetro.

En resumen, el registro de la racha máxima puede tener error por defecto desde el 6 de abril de 1979 hasta el 16 de junio de 1981. (Véase el cuadro 1.)

CUADRO 1
RACHAS MAXIMAS MENSUALES Y ANUALES DEL VIENTO REGISTRADAS EN Km/h Y DIRECCIONES DE LAS MISMAS
 (Años 1973 a 1982)

OBSERVATORIO METEOROLOGICO ESPECIAL DE OVIEDO

AÑOS	E	F	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D	AÑO
1973	126 - NW	143 - NW	98 - NW	85 - NW	124 - SW	101 - SE	72 - NW	58 - NW	82 - NW	140 - NW	89 - S	93 - NW	143 - NW
74	155 - NW	140 - NW	108 - WNW	73 - NW	117 - WSW	71 - W	49 - NE	110 - NW	104 - WNW	87 - W	88 - SSE	88 - SSE	155 - NW
75	166* - NW	90 - WNW	155 - WNW	96 - W	72 - S	49 - NW	96 - NW	55 - NW	91 - W	85 - SSE	115 - WNW	107 - WNW	166* - NW
76	76 - SSE	91 - NW	122 - WNW	90 - NW	43 - NE	50 - N	57 - NE	84 - SW	74 - NW	141 - W	144 - W	182* - NW	182* - NW
77	133 - NW	143 - WNW	140 - WSW	92 - NW	119 - NW	74 - WNW	73 - NW	90 - WNW	49 - NE	122 - WNW	98 - W	162 - W	162 - W
78	142 - NW	133 - W	144 - SSW WNW	103 - WNW	90 - NW	87 - NW	59 - NW	52 - NW	54 - WNW	81 - SW	93 - NW	190* - S	190* - S
79	117 - WNW	95 - W	124 - W	98 - WNW	83 - WNW	44 - NW NE	57 - NW	43 - NW	54 - N	91 - WNW	88 - WNW	137 - NW	137 - NW
80	115 - NW	115 - W	102 - W	74 - WNW	63 - NW	94 - NW	81 - NW	59 - NW	32 - NW	119 - NW	83 - NW	76 - NW	119 - NW
81	100 - NW	87 - S	97 - WNW	81 - NW	85 - WNW	50 - NE	115 - SSW	46 - N	98 - NW	101 - NW	65 - NW	173 - W	173 - W
82	87 - W	104 - NW	115 - W	57 - NNE	85 - SE	72 - NW WSW	69 - S	48 - NW WNW	59 - WNW	124 - WNW	162 - SE	150 - WNW	162 - SE
MAXIMOS	166* - NW	143 - NW WNW	155 - WNW	103 - WNW	124 - SW	101 - SE	115 - SSW	110 - NW	104 - WNW	141 - W	162 - SE	190* - S	190* - S
AÑO	75	73/77	75	78	73	73	81	74	74	76	82	78	78

* Estimaciones calculadas.

Respecto a la calibración de anemómetros giratorios diremos que las primeras experiencias, por diversos investigadores, fueron con máquinas giratorias, y a partir de 1914 se pasó a su calibración en túneles de viento. En ambos casos se simulaba un flujo laminar. Varios investigadores abordaron el problema del registro con vientos racheados artificiales y se ha visto que los errores varían inversamente al período de las rachas y, desde luego, cuanto mayor es el momento de inercia del molinete, mayor es el error, que puede alcanzar el 10 por 100 para molinetes de dimensiones ordinarias, error que es por defecto, por supuesto (2).

5. RACHAS DE VIENTO IGUALES O SUPERIORES A 100 Km/h EN EL OBSERVATORIO DE OVIEDO

En primer lugar se expondrán algunas consideraciones relativas a las unidades de medida de la velocidad del viento. En Física y en el Sistema Internacional debería de hacerse en metros por segundo. Sin embargo, aun cuando a veces se emplea esta unidad en cálculos estadísticos, también se emplean los kilómetros por hora, que son más significativos para nuestros hábitos de la vida corriente en los países no anglosajones, y por este motivo lo hemos empleado en nuestra exposición.

Al comenzar la comunicación internacional regular de los partes meteorológicos se utilizó, en la medida de las velocidades del viento, la escala de Beaufort, como es sabido. El almirante Beaufort (1774-1857), de la Marina inglesa, utilizó una graduación según sus observaciones de los efectos del viento en la mar. Llegaba hasta el grado 12 y aun cuando se aplicó a tierra, no es válida más que para el mar y algunas costas. Así, desde el grado 10, que corresponde a velocidades de 78 a 90 Km/h, dice la escala que se observa raramente en tierra (Clave Internacional, 1929), y para los 11 y 12 dice que no hay experiencia en tierra. Sin embargo, rachas de viento superiores a 90 Km/h en tierra no pueden considerarse como fenómenos extraordinarios aun en altitudes moderadas. Para el grado 12 daba la citada Clave Internacional velocidades superiores a 104 Km/h. Posteriormente se modificó y amplió la escala por encima del grado 12, al que se le asignó velocidades entre 118 y 133 Km/h, y llegando al grado 17 (3).

(2) E. I. KAGANOV y A. M. YAGLOM: *Errors in wind-speed measurements by rotation anemometers*. Instituto de Física Atmosférica de la Academia de Ciencias de Moscú. Boundary-Layer Meteorology, vol. 10, núm. 1. Toronto (Canadá), 1976.

(3) MANTERO SANCHEZ, José M.ª: «Guía de instrumentos y observaciones meteorológicas». Traducción de la *Nota Técnica de la O.M.M.* núm. 8, T. P. 3. Madrid, 1968.

Las direcciones del viento correspondían de dos en dos, a la Rosa de los Vientos con dieciséis direcciones, o sea: 02=NNE, 04=NE, ..., 32=N (00=Calma).

Desde el 1 de enero de 1949 entró en vigor, para el cifrado de los partes meteorológicos, la clave Washington, en la cual la velocidad del viento se daba en nudos y la dirección en decenas de grado, desde 01 a 36 (N), girando en el sentido de las agujas del reloj. Las mismas especificaciones son válidas para la nueva clave que entró en vigor en 1982.

Por lo dicho en líneas anteriores utilizamos como unidad de medida de la velocidad del viento el Km/h, y para la dirección, la Rosa de los Vientos de dieciséis direcciones. En el cuadro 1 se exponen las rachas máximas mensuales y sus direcciones con arreglo al criterio anterior, y en el cuadro 2, las frecuencias de días con racha de viento igual o superior a 100 Km/h. Dos advertencias respecto a estos cuadros, deducidas de lo expuesto en el apartado anterior, desde el 6 de abril de 1979 hasta el 16 de junio de 1981, pudiera haber habido rachas superiores a las que figuran en el cuadro 1. En particular, el año 1980, en el cuadro 2, figura con el mínimo de frecuencias de días con racha igual o superior a 100 Km/h, cuyo mínimo es dudoso.

CUADRO 2
FRECUENCIAS MENSUALES Y ANUALES DE DIAS CON RACHA MAXIMA DE VIENTO IGUAL O SUPERIOR A 100 Km/h
(Años 1973 a 1982)

OBSERVATORIO METEOROLOGICO ESPECIAL DE OVIEDO

AÑOS	E	F	Mr	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D	AÑO
1973	4	5	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	13
74	5	4	2	0	1	0	0	1	2	0	0	0	15
75	6	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	10
76	0	0	4	0	0	0	0	0	0	6	3	7	20
77	1	3	1	0	2	0	0	0	0	1	0	2	10
78	7	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	8	22
79	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	10
80	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5
81	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	10	13
82	0	2	1	0	0	0	0	0	0	3	3	5	14
SUMA	30	17	14	2	4	1	1	1	2	15	8	37	132
MEDIA	3,0	1,7	1,4	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	1,5	0,8	3,7	13,2
MAXIMOS	7	5	4	2	2	1	1	1	2	6	3	10	22

La segunda advertencia es que la velocidad de 100 Km/h, desde luego, no tiene ningún significado físico especial y sólo es un número expresivo y formal de referencia.

6. RACHAS DE VIENTO IGUALES O SUPERIORES A 150 Km/h
Y DIRECCIONES DE LOS VIENTOS VIOLENTOS EN EL OBSERVATORIO
DE OVIEDO

Los vientos con racha diaria igual o superior a 150 Km/h se exponen en el cuadro 3, con sus direcciones. Para estas rachas también son válidas

CUADRO 3
RACHAS DE VIENTO IGUALES O SUPERIORES A 150 Km/h REGISTRADAS O ESTIMADAS
Y DIRECCIONES DE LAS MISMAS
(Años 1973 a 1982 y períodos diarios)

OBSERVATORIO METEOROLOGICO ESPECIAL DE OVIEDO

AÑOS	ENERO	MARZO	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	FRECUENCIA ANUAL
1973					0
74	{ 155 - NW				2
	{ 154 - NW				
75	{ 166* NW	155 - WNW			3
	{ 158 - SSE				
76				{ 182* NW	2
				{ 176* NW	
77				162 - W	1
78				190* S	1
79					0
80					0
81				{ 173 - W	2
				{ 163 - WSW	
82			160 - SE	150 - WNW	2
FRECUENCIAS MENSUALES	4	1	1	7	13

* Estimaciones calculadas.

las dos advertencias con que finaliza el apartado anterior. Tanto en el cuadro 1 como en el cuadro 3 hay rachas cuyas velocidades son estimadas, como se explicará en líneas posteriores. Se observa que en los años 1979 y 1980 no hay ninguna racha igual o superior a 150 Km/h, período que se relaciona con el citado anteriormente del 6 de abril de 1979 al 16 de junio de 1981.

En el cuadro 4 se presentan las frecuencias de las direcciones de las rachas diarias iguales o superiores a 100 Km/h e iguales o superiores a

CUADRO 4
FRECUENCIAS DE LAS DIRECCIONES DE LAS RACHAS DIARIAS DE VIENTO IGUALES
O SUPERIORES A 100 Km/h E IGUALES O SUPERIORES A 150 Km/h
(Años 1973 a 1982)

OBSERVATORIO METEOROLOGICO ESPECIAL DE OVIEDO

	<u>SE</u>	<u>SSE</u>	<u>S</u>	<u>SSW</u>	<u>SW</u>	<u>WSW</u>	<u>W</u>	<u>WNW</u>	<u>NW</u>	<u>TOTALES</u>
Rachas \geq 100 km/h	3	7	7	4	2	4	28	37	40	132
Id \geq 150 km/h	1	1	1			1	2	2	5	13

150 Km/h. Se ve que están comprendidas en el arco SE al NW, giro de las agujas del reloj, con máximos entre el W y el NW.

En el cuadro 5 se muestran las rachas de viento diarias iguales o superiores a 100 Km/h, distribuidas por estaciones del año, correspondiendo el máximo al invierno (diciembre, enero y febrero) y otra vez a la dirección del W al NW.

CUADRO 5
FRECUENCIAS, POR ESTACIONES DEL AÑO, DE LAS DIRECCIONES DE LAS RACHAS
DIARIAS DE VIENTO IGUALES O SUPERIORES A 100 Km/h
(Años 1973 a 1982)

OBSERVATORIO METEOROLOGICO ESPECIAL DE OVIEDO

	<u>SE</u>	<u>SSE</u>	<u>S</u>	<u>SSW</u>	<u>SW</u>	<u>WSW</u>	<u>W</u>	<u>WNW</u>	<u>NW</u>	<u>TOTALES</u>
OTOÑO (S,O,N)	1	2					4	9	9	25
INVIERNO (D,E,F)	1	5	7	2	1	3	20	18	27	84
PRIMAVERA (Mr, Ab,My)				1	1	1	4	10	3	20
VERANO (Jn,Jl, Ag)	1			1					1	3

En líneas anteriores se ha expresado que hay velocidades de viento que son estimadas por los motivos que se irán explicando. A continuación se incluyen las copias de las notas del autor en los cuadernos mensuales de observaciones meteorológicas archivados en el Observatorio Meteorológico Especial de Oviedo.

6.1. Temporal de viento del 17 de enero de 1975

Anotaciones del autor en el cuaderno mensual de observaciones meteorológicas:

«A las 6 horas TMG se registró por el anemómetro Munro una racha aislada de 81 nudos (150 Km/h). Simultáneamente, el registro del anemómetro Papillon se sale de la banda marcando una velocidad superior a 50 m/seg. (180 Km/h), máximo de la banda. Las cazoletas del molinete del anemómetro Papillon son más ligeras y de brazos más cortos que las del Munro y, en consecuencia, el molinete, de momento, de inercia menor, a lo cual se atribuye la causa de que el registro del anemómetro Papillon sea superior al del Munro para rachas de muy corta duración. La racha de hoy es la máxima registrada por ambos instrumentos desde que se inauguró este Observatorio. La siguiente en magnitud fue el 8-1-74 a 8-15 horas: el Munro marcó 75,5 nudos=140 Km/h y el Papillon, 43 m/seg.=155 Km/h. Para tener una estimación comparable de la racha máxima de hoy se hace:

Munro 75,5 nudos: 81 nudos=155 Km/h: Racha máxima Papillon. Estimación de la racha máxima de hoy: 166 Km/h.

El registro del anemómetro Papillon establece posibles rachas de unos 200 Km/h y la necesidad de un instrumento que registre velocidades superiores a 180 Km/h.»

Hasta aquí la copia de las notas del autor en el cuaderno de observaciones. Es de advertir que una de las preocupaciones del mismo, transmitida al personal del Observatorio, fue siempre el examen de la concordancia de los registros de ambos equipos y no se notaron diferencias sensibles en los vientos normales, salvo un registro algo superior en el anemómetro Papillon, en períodos de rachas instantáneas y altas, que eran atribuidas siempre al menor momento de la inercia del molinete de dicho anemómetro, en comparación con el del Munro, de modo que el hecho narrado fue una verdadera sorpresa.

6.2. Temporal de viento de los días 1 y 2 de diciembre de 1976

Anotaciones del autor en el cuaderno mensual de observaciones meteorológicas:

«Desde las 20-30 horas del día 1 hasta la 1-10 horas del día 2, el anemómetro Papillón rebasó once veces la graduación máxima de la banda de 50 m/seg. (180 Km/h). En dicho intervalo la velocidad máxima del anemómetro Munro fue de 85 nudos (157 Km/h) a 20-35 horas. En el cuaderno de observaciones de enero de 1975 ya se estableció la hipótesis de las posibles causas (debidas a la inercia) de las discrepancias de ambos anemómetros, para rachas instantáneas, y el método seguido para la esti-

mación de la racha máxima en el anemómetro Papillon. Aquí se hace lo siguiente: el día 1 a las 19-30 horas marcó el Munro 77 nudos=143 Km/h y el Papillon 46 m/seg.=166 Km/h. Mediante una proporción, utilizando la velocidad máxima registrada por el Munro, que fue de 85 nudos=157 Km/h a 20-35 horas, se puede hacer una estimación para la del Papillon, que es de 182 Km/h a la misma hora del día 1. Igualmente se repite para la racha máxima del Munro, del día 2, que fue de 82 nudos=152 Km/h a 1-20 horas, resultando una estimación, para la racha del Papillon, de 176 Km/h a dicha hora del día 2.

Se repite lo dicho en el libro de observaciones de enero de 1975, de que hayan existido posibles rachas de unos 200 Km/h. Tanto la racha del día 1 como la del día 2 son las máximas registradas por este Observatorio desde su inauguración. Les sigue la de 81 nudos del Munro de 27-1-1975, con estimación para el Papillon de 166 Km/h.»

Como ya se ha expresado, en este temporal ya se han detectado once rachas instantáneas de viento que superaron la marcación máxima del anemómetro Papillon, pero en las líneas que siguen el temporal dio vientos que no sólo superaron la marcación máxima de dicho anemómetro Papillon, sino que también ocurrió en el Munro.

6.3. Temporal de viento del día 11 de diciembre de 1978

Este es el temporal de viento más violento de los diez años que se tratan en este trabajo y no ha sido superado en el momento de redactarlo, enero de 1984. Casi confirma la hipótesis, expuesta en líneas anteriores, de la existencia de rachas del orden de magnitud de los 200 Km/h. Del registro del mismo reproducimos pruebas gráficas y también las notas del autor en el cuaderno mensual de observaciones meteorológicas, que son las que siguen:

«Entre 0 y 6 horas temporal de viento del S al SSW y rachas máximas entre 2-30 horas y 5-45 horas, en cuyo intervalo se rebasaron frecuentemente los 180 Km/h. En esta ocasión no sólo se pasó del límite de registro del anemómetro Papillon (50 m/seg.=180 Km/h), sino también del Munro (90 nudos=167 Km/h). Véanse los días 27-1-75 y 1-12-76. Se estima, por eso, que el de hoy es el máximo registrado hasta ahora.

No hubo precipitación, que no empezó hasta 5-50 horas. Se observaron relámpagos hacia el norte.

En el Observatorio el viento arrancó y destrozó una persiana, rompió el cierre de una ventana, la parte superior de una farola, una de las cubiertas

de la luz de entrada, dos vástagos de la antena *Yagi* del radio-facsímil y arrancó y volcó sobre la terraza superior un piranógrafo bimetálico. En los alrededores del Observatorio derribó árboles corpulentos, arrancó tejas y cubiertas de edificaciones, rompió focos de luz, cables, etc.»

Hasta aquí el relato que aparece en el cuaderno de observaciones. En la figura 2 se muestra la gráfica del registro del anemómetro Papillon, y en la figura 3, la correspondiente a la veleta. Es de advertir que, en la

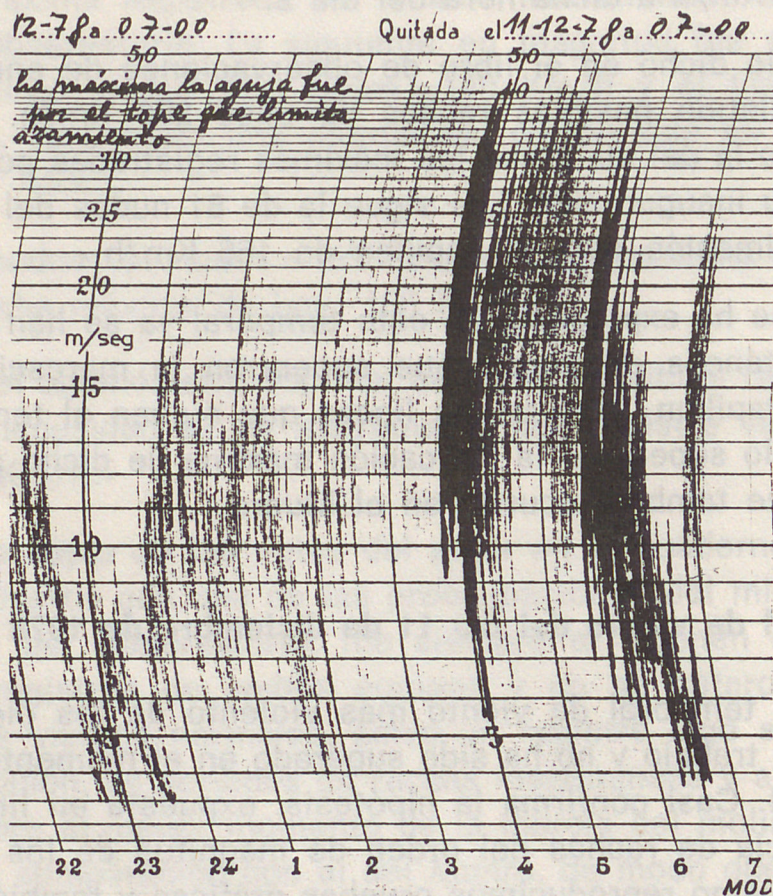


Fig. 2.—Observatorio Meteorológico Especial de Oviedo. Registro de la velocidad del viento, en m/seg, del anemómetro Papillon el día 11-12-78.

racha máxima, el desplazamiento de la pletina que porta el rodete inscriptor del anemómetro llegó al tope protector, que limita su desplazamiento una vez rebasada la marcación máxima de la escala.

En la figura 4 aparecen los registros del anemo-veleta Munro. Hay que tener en cuenta que los 90 nudos de máximo registro no son extrapolables, como tampoco, desde luego, los 50 m/seg. del anemómetro Papillon.

En todos los registros se observa que la dirección de las rachas máximas son del sur, manifestándose el efecto *foehn* con humedad relativa del 33 por 100 y ausencia de precipitaciones, que no comenzaron hasta las 5-50 horas con giro de viento hacia el oeste.

6.3.1. Estimación de la racha máxima por el efecto de sobrepresión dinámica

El barógrafo de peso del Observatorio está instalado en el departamento barométrico (Fig. 5), cuyo antedepartamento tiene una ventana orientada al suroeste.

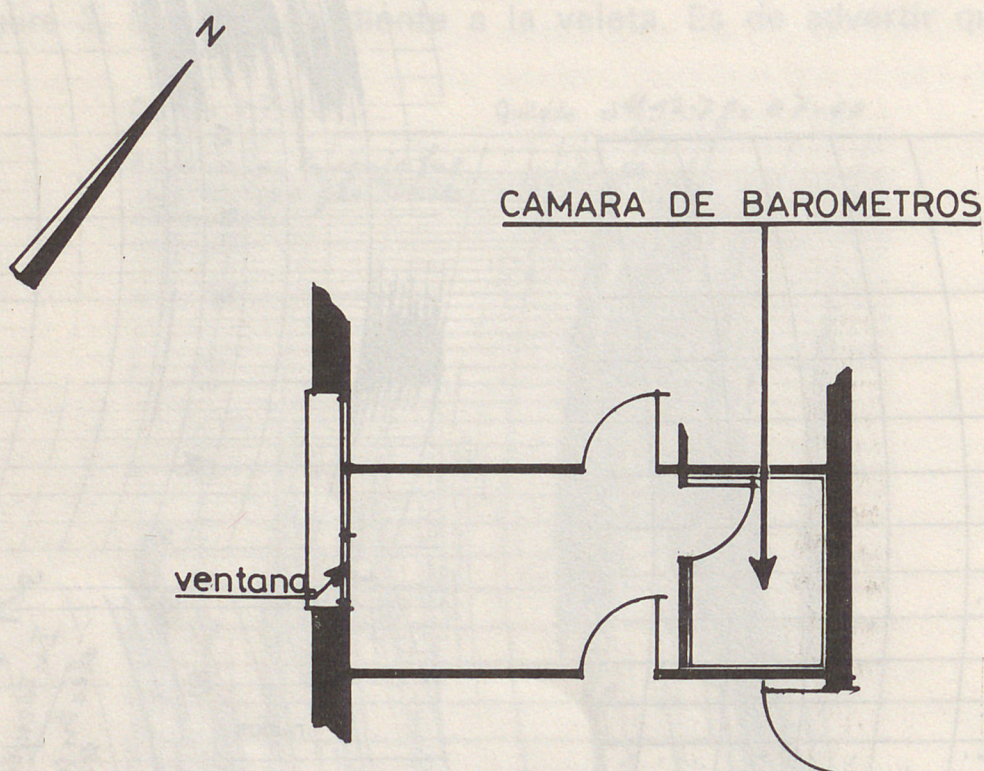


Fig. 5.—Observatorio Meteorológico Especial de Oviedo. Reproducción parcial del plano de la primera planta.

tada al suroeste. La estimación que se hace se basa en que la componente del viento normal al suroeste, o sea, a la citada ventana, produjo una sobrepresión dinámica en el barógrafo, que es medible, como se ve en la figura 6, la cual reproduce la parte que nos interesa del barograma semanal correspondiente. Como el viento máximo fue del sur, la estimación se puede considerar por defecto, aun teniendo en cuenta que por las condiciones orográficas, y dado el carácter racheado del viento, pudiera haber oscilaciones del mismo hacia el oeste.

Se aplica la conocida fórmula: $p = 1/2 \rho v^2$, donde:

p = presión dinámica del viento.

ρ = masa específica del aire.

v = velocidad del viento.

DICIEMBRE 1.978

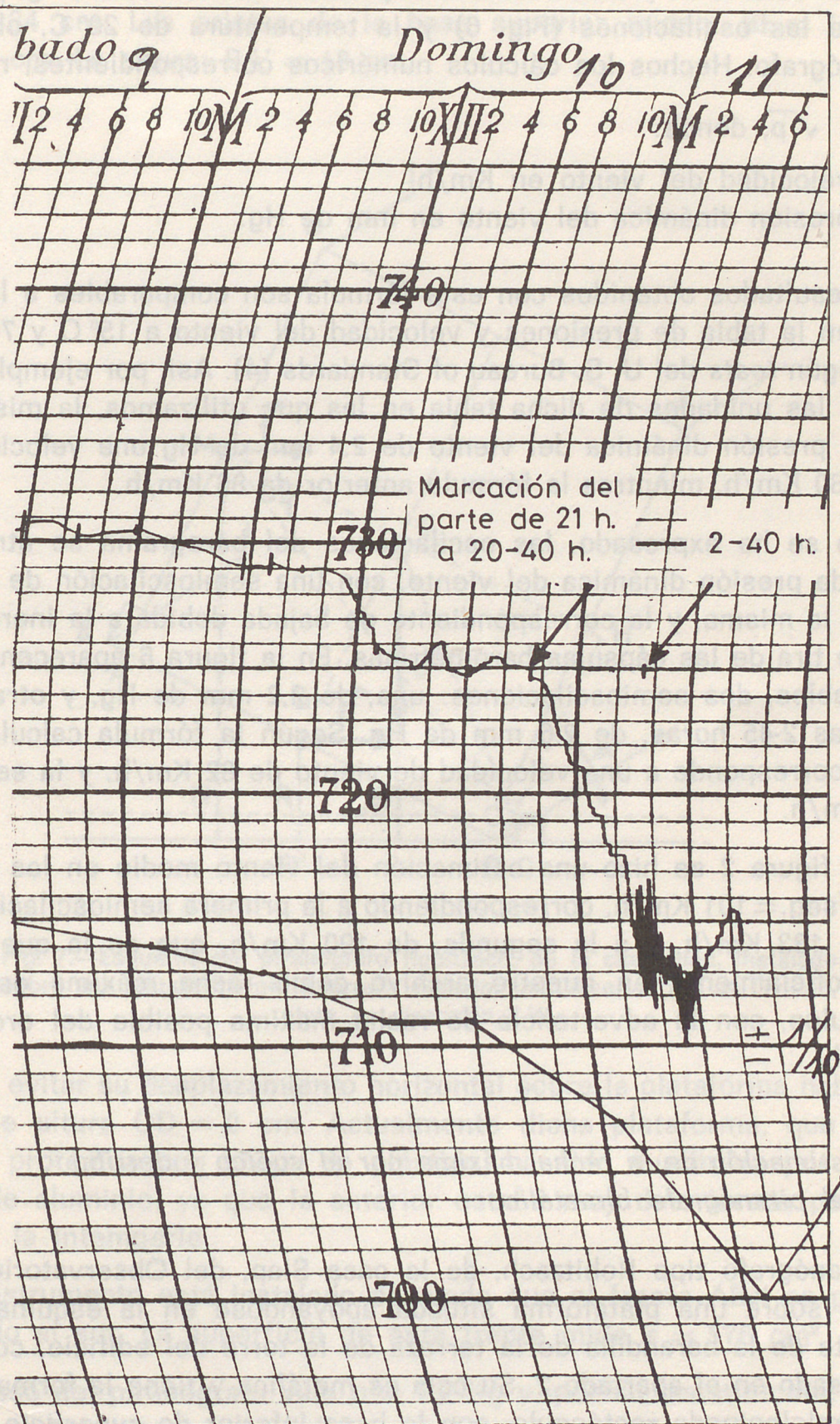


Fig. 6.—Observatorio Meteorológico Especial de Oviedo. Reproducción parcial del barograma que comprende el día 11 de diciembre de 1978. Barógrafo de peso Richard.

Para el cálculo de ρ se ha tomado la presión de 714 mm de Hg, presión media de las oscilaciones (Fig. 6) y la temperatura de 20° C, obtenida del termógrafo. Hechos los cálculos numéricos correspondientes, resulta:

$$v = 55,3 \sqrt{p}, \text{ donde:}$$

v = velocidad del viento en Km/h.

p = presión dinámica del viento en mm de Hg.

Los resultados obtenidos con esta fórmula son comparables a los que figuran en la tabla de presiones y velocidad del viento a 15° C y 760 mm de Hg según *tests* del U. S. Bureau of Standards (4). Así, por ejemplo, convirtiendo las unidades de dicha tabla en las que utilizamos, la misma da para una presión dinámica del viento de 2,4 mm de Hg una velocidad de éste de 80 Km/h, mientras la fórmula anterior da 86 Km/h.

Como se ha expresado, las oscilaciones del barograma se atribuyen a la citada presión dinámica del viento, con una semioscilación de subida debida a la misma, y la correspondiente de bajada debida a la inercia del peso que tira de las cápsulas barométricas. En la figura 6 aparecen, como más notables, dos semioscilaciones: una, de 2,2 mm de Hg, y otra, asignada a las 2-45 horas, de 2,6 mm de Hg. Según la fórmula calculada, la primera corresponde a una velocidad de viento de 82 Km/h, y la segunda, de 89 Km/h.

En la figura 2 se hizo una estimación del viento medio en las rachas de 28 m/seg. = 101 Km/h, correspondiendo a la primera semioscilación una racha de 183 Km/h, y a la segunda, de 190 Km/h, que es la que se ha tomado oficialmente en nuestro archivo como racha máxima estimada por cálculos, con la advertencia de racha máxima posible del orden de 200 Km/h.

6.3.2. *Estimación de la racha máxima por el vuelco y derribo del piranógrafo bimetalico*

El piranógrafo tipo Robitzsch, de la casa Siap, del Observatorio, está instalado sobre una plataforma situada apoyándose en la esquina hacia el sudeste de la barandilla de la terraza de la torre del edificio, como se ha expresado en el apartado 2. Su caja es metálica y tiene la forma de un doble paralelepípedo rectángulo, con la base inferior de superficie mayor que la superior, como se observa en la representación esquemática y par-

(4) R. BEERS, Norman: «Numerical and graphical data». Section I de *Handbook of Meteorology*. New York, 1945.

cial de la figura 7. Las aristas de la base inferior miden: $AC = 18\text{ cm}$ y $AJ = 34\text{ cm}$. Las aristas de la base superior miden: $BE = 16\text{ cm}$ y $BI = 32\text{ cm}$. La altura: $BA' = 18\text{ cm}$.

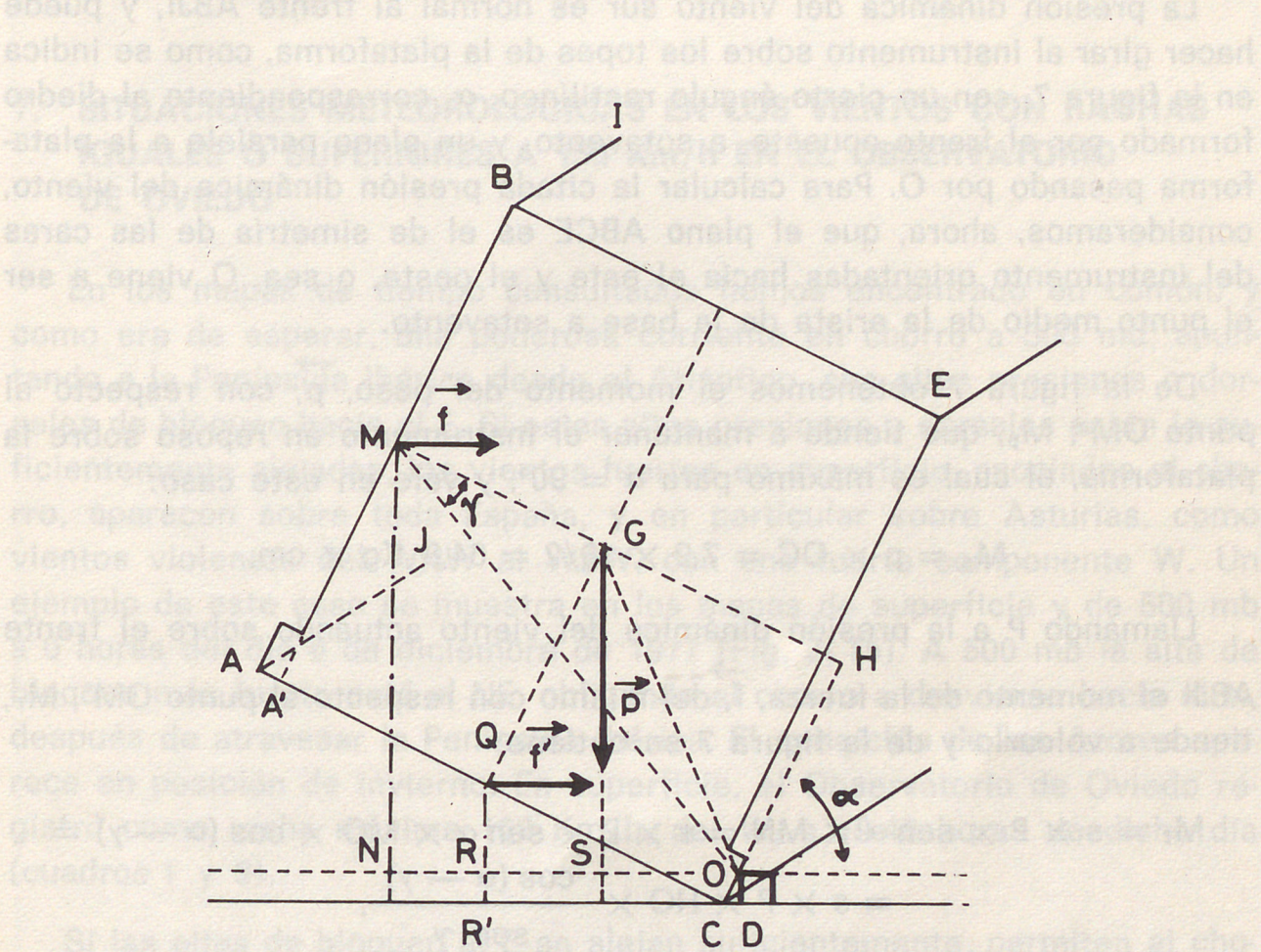


Fig. 7.—Esquema del piranógrafo Robitzsch, de la casa Siap, instalado sobre una plataforma en la terraza superior del Observatorio de Oviedo, visto en dirección E-W.

Para evitar su desplazamiento horizontal sobre la plataforma había unos topes de altura $OD = 2\text{ cm}$. Actualmente dicha plataforma, que era de madera protegida con chapa de plástico, ha sido sustituida por otra de chapa de aluminio, ya que la anterior estaba muy deteriorada por la acción de la intemperie.

El instrumento está instalado de modo que el frente $ABJI$ se presenta orientado al sur. La superficie de este frente mide $s = 576\text{ cm}^2$.

El peso del piranógrafo vale $p = 7,2\text{ Kg}$ y, por su constitución, su centro de gravedad está en el plano de simetría normal al plano $ACBE$, pasando por los puntos medios de AC y BE . Suspendido el instrumento por una esquina, la vertical corta, a estima, en un punto que viene a ser el centro de simetría y es, también, el centro de gravedad de dicho instru-

mento. Su proyección ortogonal sobre el plano ACBE de la figura 7 se denomina G, siendo $GQ = 9 \text{ cm}$.

La presión dinámica del viento sur es normal al frente ABJI, y puede hacer girar al instrumento sobre los topes de la plataforma, como se indica en la figura 7, con un cierto ángulo rectilíneo, α , correspondiente al diedro formado por el frente opuesto, a sotavento, y un plano paralelo a la plataforma pasando por O. Para calcular la citada presión dinámica del viento, consideramos, ahora, que el plano ABCE es el de simetría de las caras del instrumento orientadas hacia el este y el oeste, o sea, O viene a ser el punto medio de la arista de la base a sotavento.

De la figura 7 obtenemos el momento del peso, \vec{p} , con respecto al punto OM^a , M_p , que tiende a mantener el instrumento en reposo sobre la plataforma, el cual es máximo para $\alpha = 90^\circ$, y vale en este caso:

$$M_p = p \times QC = 7,2 \times 18/2 = 64,8 \text{ Kg} \times \text{cm}.$$

Llamando P a la presión dinámica del viento actuando sobre el frente ABJI el momento de la fuerza, \vec{f} , del mismo con respecto al punto OM^a , M_f , tiende a volcarlo y de la figura 7 se obtiene:

$$\begin{aligned} M_f &= s \times P \times \sin \alpha \times MN = s \times P \times \sin \alpha \times MO \times \cos (\alpha - \gamma) = \\ &= s \times P \times HO \times \frac{\cos (\alpha - \gamma)}{\sin \gamma}, \end{aligned}$$

que es máximo para $\alpha = 90^\circ$, siendo entonces $HO = HC - OD = 7 \text{ cm}$ y el momento vale:

$$M_f = s \times P \times HO = 4.032 \times P \text{ Kg} \times \text{cm}.$$

Del mismo modo de la figura 7 se obtiene el momento de la fuerza, \vec{f}' , de la presión dinámica del viento actuando sobre la base, s' , del instrumento y, como anteriormente, respecto al punto OM^a , $M_{f'}$, resultando:

$$M_{f'} = s' \times P \times \cos \alpha \times QR = s' \times P \times \cos \alpha \times (QR' - RR').$$

Cuando $\alpha \rightarrow 90^\circ$ es $QR' < RR'$ y el momento $M_{f'}$ es del mismo signo que M_p y tiende a mantener el instrumento sobre la plataforma. Por esta razón, para que se pueda iniciar el vuelco del instrumento, el momento inicial M_f tiene que ser mayor que el momento inicial M_p , o sea: $4.032 \times P > 64,8$. Así se obtiene que la presión dinámica del aire tiene que ser,

al menos, de $P = \frac{64,8}{4.032} = 0,0161 \text{ Kg/cm}^2 = 11,8 \text{ mm de Hg}$.

Con la fórmula $v = \sqrt{55,3} p$ ($p = P$), del apartado anterior, se obtiene que la velocidad del viento tiene que ser, al menos también, de 190 Km/h.

7. SITUACIONES METEOROLÓGICAS EN LOS VIENTOS CON RACHAS IGUALES O SUPERIORES A 150 Km/h EN EL OBSERVATORIO DE OVIEDO

En los mapas de tiempo consultados hemos encontrado en común, y como era de esperar, una poderosa corriente en chorro a 500 mb, apuntando a la Península Ibérica desde el Atlántico, con altas presiones o dorsales de bloqueo hacia el E. Si estas altas presiones o dorsales están lo suficientemente alejadas, los vientos fuertes en superficie, asociados al chorro, aparecen sobre toda España, y en particular sobre Asturias, como vientos violentos del WNW al WSW, con una fuerte componente W. Un ejemplo de este caso se muestra en los mapas de superficie y de 500 mb a 0 horas del día 6 de diciembre de 1977 (Fig. 8) (5). A 500 mb la alta de bloqueo más fuerte está al NE, obligando al chorro a desviarse hacia el N, después de atravesar la Península Ibérica. El anticiclón de las Azores aparece en posición de invierno. En superficie, el Observatorio de Oviedo registró como racha máxima 162 Km/h, del W, a 19-40 horas de dicho día (cuadros 1 y 3).

Si las altas de bloqueo al E se alejan suficientemente, permiten al chorro penetrar con vientos fuertes en superficie del NW sobre toda España, y en particular, más acentuadamente, al norte de la cordillera Cantábrica, tal como se muestra en los mapas de 500 mb y de superficie a 0 horas del día 2 de diciembre de 1976 (Fig. 9) (6). El anticiclón de las Azores aparece algo desviado hacia el oeste. En superficie, el Observatorio de Oviedo tuvo rachas estimadas de 182 Km/h a 20-35 horas del día anterior, el 1, y de 176 Km/h a 1-20 horas del 2, ambas del NW (cuadros 1 y 2).

La situación que parece más interesante es la referente al temporal del 11 de diciembre de 1978, que se ha relatado especialmente en líneas anteriores. Como en los dos casos antecedentes hay altas de bloqueo al E, tal como aparecen en los mapas de 500 mb y de superficie de 0 horas de dicho día (Fig. 10) (7). En particular es de notar la poderosa dorsal a 500 mb, con eje desde Escandinavia a las islas Baleares. El anti-

(5) INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA: *Boletín meteorológico diario* núm. 340. Madrid, 6-12-1977.

(6) *Ibidem* núm. 337. Madrid, 2-12-1976.

(7) *Ibidem* núm. 345. Madrid, 11-12-1978.

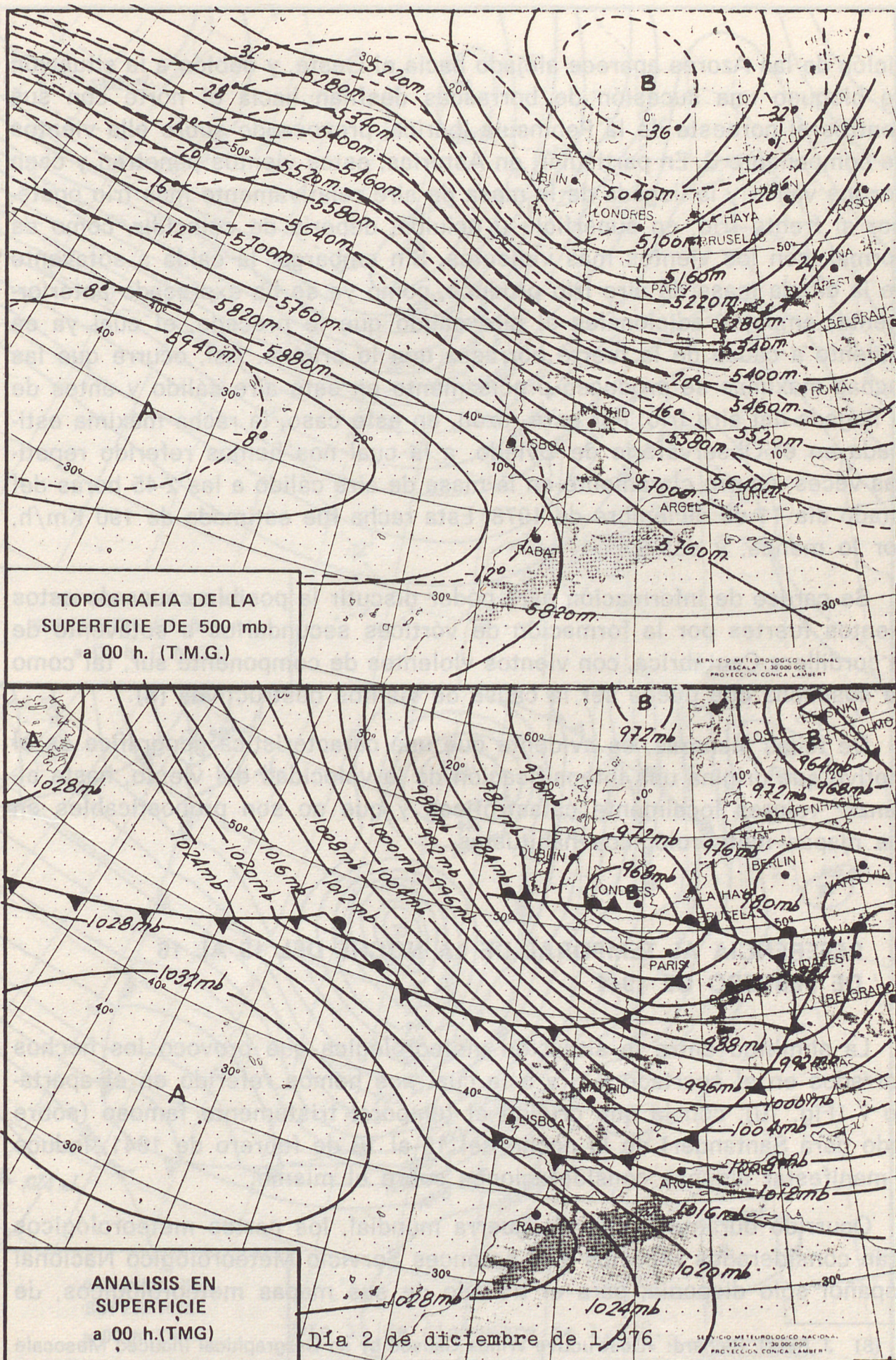


Figura 9

ciclón de las Azores aparece alejado hacia el Oeste, y debido a la situación de bloqueo una sucesión de borrascas desfilan hacia el norte con sus centros al noroeste de la Península Ibérica, provocando sobre ella vientos de componente S. En particular, en Asturias, estos vientos penetran y caen por los valles y la llegada de la masa de aire relativamente más frío posterior al frente frío, en superficie u ocluido, debería de coincidir, como es normal, con los vientos más violentos. Sin embargo, la caída a sotavento de la citada masa de aire frío produce, como ya se ha expresado anteriormente, empujes adicionales al aire cálido que le precede, el cual ya es violento a causa de la fuerte borrasca que lo origina. Así, ocurre que las rachas máximas se producen precisamente en este aire cálido y antes de la llegada del aire frío. Por esta razón, en este caso, la racha máxima estimada en el Observatorio de Oviedo, a la cual nos hemos referido repetidas veces, ocurre claramente en la masa de aire cálido a las 2-45 horas del citado día 11 de diciembre de 1978. Esta racha fue estimada de 190 Km/h, por lo menos, y del S.

Se carece de información para poder discutir la posible causa de estos vientos fuertes por la formación de vórtices secundarios a sotavento de la cordillera Cantábrica, con vientos violentos de componente sur, tal como se sospecha que pueda ser la causa de vientos destructivos (8).

De todas maneras, es evidente que una característica geográfica es el motivo que origina una intensificación de la velocidad del viento, hasta alcanzar valores localmente catastróficos y que no son pronosticables en los mapas meteorológicos habituales.

8. REFERENCIA AL TEMPORAL DE LA NOCHE DEL 15 AL 16 DE FEBRERO DE 1941

La similitud entre la situación meteorológica que provocó los hechos narrados en el apartado 6.3, y a la cual nos hemos referido en el apartado 7 (Fig. 10), con la que originó el temporal tristemente famoso (sobre todo para Santander) de la noche del 15 al 16 de febrero de 1941, induce a manifestar algunas consideraciones sobre el mismo.

Ocurrido durante la pasada guerra mundial, los partes meteorológicos eran considerados secretos y el entonces Servicio Meteorológico Nacional español sólo disponía, para el trazado de sus mapas meteorológicos, de

(8) J. REED, Richard: «Destructive Winds Caused by an Orographical Induced Mesocale Cyclone», *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 61, núm. 11. Boston (USA), noviembre 1980.

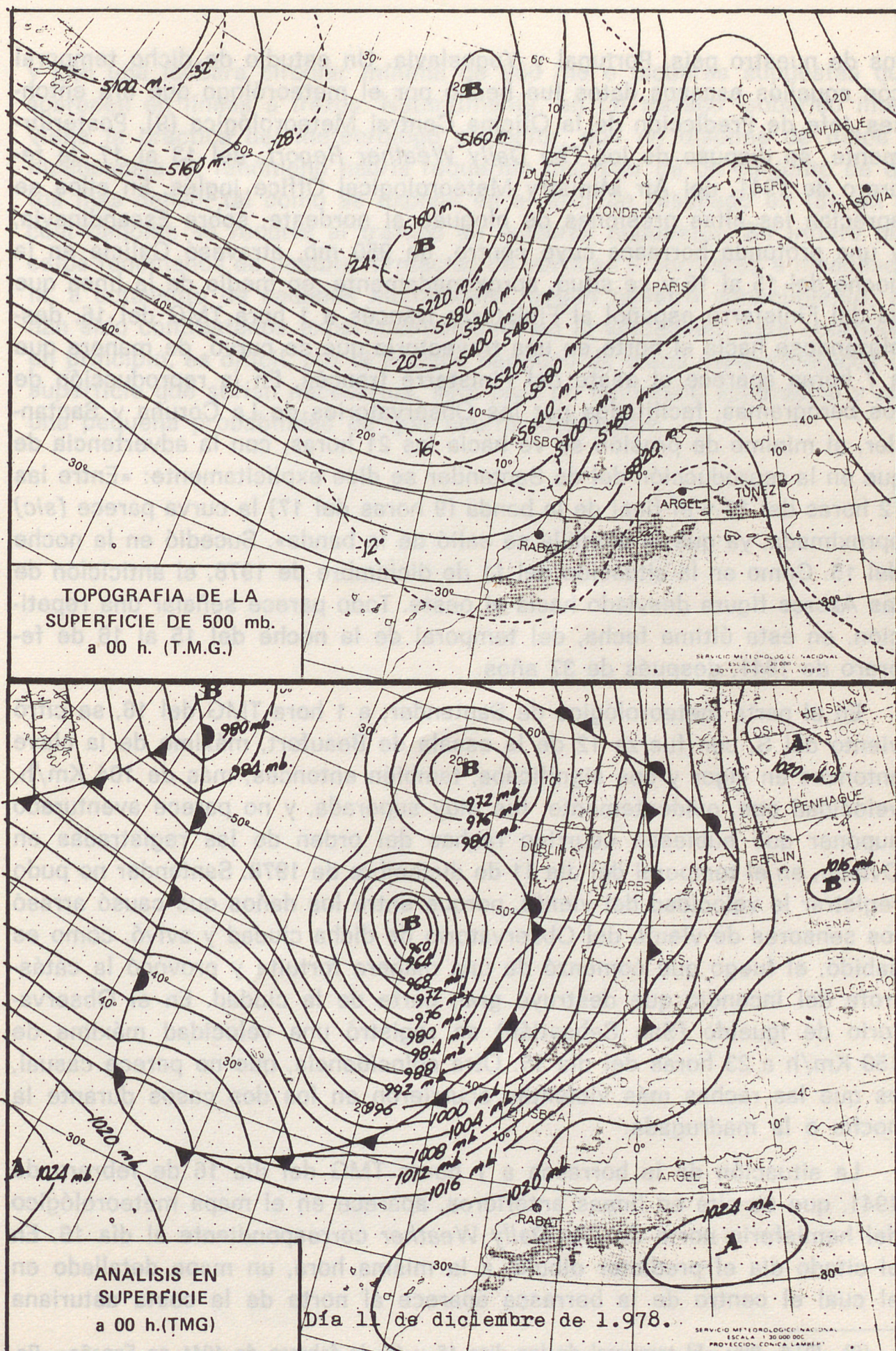


Figura 10

OBSERVATORIO METEOROLOGICO ESPECIAL DE OVIEDO. TERRAZA DE LA TORRE.

los de nuestro país, Portugal y Yugoslavia. Un estudio de dicho temporal con aquellos escasos datos fue hecho por el meteorólogo que era entonces Jefe de Predicción de la Oficina Central Meteorológica (9). Posteriormente, se dispuso de los *The Daily Weather Report*, del 13 al 17 de febrero de 1941, del Air Ministry Meteorological Office inglés. En ellos se aprecian las altas presiones de bloqueo al nordeste, sobre Escandinavia, y una profunda borrasca cuyo centro, de 950 mb, atravesó Galicia en la noche del 15 al 16 y se situó, aproximadamente, en medio de la línea que va del Finisterre español al Finisterre francés a 1 hora TMG del 16, desplazándose hacia el norte en una trayectoria que se curvó, de manera que a 7 horas aparece al oeste del Finisterre francés. En la reproducción de los barogramas, facilitados por los Observatorios de La Coruña y Santander, el mínimo de presión se ve hacia las 21 horas, con la advertencia de que en la reproducción del de Santander se dice explícitamente: «Entre las 12 horas del 15 y el final de la banda (9 horas del 17) la curva parece (*sic*) aproximada, ya que la plumilla se salió de la banda». Sucedió en la noche del 15. Como en la situación del 11 de diciembre de 1978, el anticiclón de las Azores figura desviado hacia el oeste. Todo parece señalar una repetición, en esta última fecha, del temporal de la noche del 15 al 16 de febrero de 1941, después de 37 años.

En el parte meteorológico de Santander, a 1 hora TMG del 16, se cifró viento del S, con fuerza 12 de la escala de Beaufort, máximo de la clave entonces en vigor y que significaba, también entonces, más de 104 Km/h, velocidad que, evidentemente, fue muy superada, y no parece aventurado suponer que hubiesen ocurrido rachas del orden de las registradas en Oviedo, en el temporal del día 11 de diciembre de 1978. Santander no pudo registrar la velocidad del viento, porque entre los daños que causó arrasó los sensores de viento del Observatorio de dicha ciudad y avivó, como es sabido, el fuego que comenzó de una manera fortuita y provocó la catástrofe del incendio que destruyó gran parte de la ciudad. En el Observatorio de Igueldo (San Sebastián) se registró una velocidad máxima de 150 Km/h a 23 horas del día 15. Otra coincidencia, que no parece casual, es que las rachas más violentas ocurrieron en los dos casos durante la noche o la madrugada.

La situación de la borrasca a 1 hora TMG del día 16 de febrero de 1941, que se cita en líneas anteriores, aparece en el mapa meteorológico del hemisferio norte de *The Daily Weather* correspondiente al día 16. En el citado día el predictor dibujó, a la misma hora, un mapa detallado en el cual el centro de la borrasca aparece al norte de la costa asturiana

(9) PITA, Pío: «El temporal de los días 15 y 16 de febrero de 1941 en España», *Revista de Aeronáutica*. Madrid, febrero 1941.

y con una isobara circular mínima de 960 mb e isobaras supuestas que aparecen en líneas a trazos. Naturalmente, en tal trazado isobárico interviene la práctica del meteorólogo predictor, que no dispone de datos a mesoescala. El fenómeno habría requerido disponer de un conjunto de datos más denso, tal como se expone en el artículo reseñado en (8), en el cual también se recurre al trazado de isobaras supuestas. Se infiere que estos fenómenos de posible formación de vórtices o borrascas a mesoescala, a sotavento de cadenas montañosas, según nuestro conocimiento, no han sido contrastados experimentalmente en la actualidad. Este contraste, en principio, es difícil, por la enorme cantidad de datos meteorológicos en superficie que serían necesarios, sólo para un fenómeno esporádico y con una pequeña probabilidad de que ocurra localmente.

SITUACION DE LOS SERVIDORES DEL CENTRO DE MONITORING Y DEL ASISTENTE
Y VUELA EN EL CENTRO DE MONITORING
Elaborado por el autor, mayo 1992



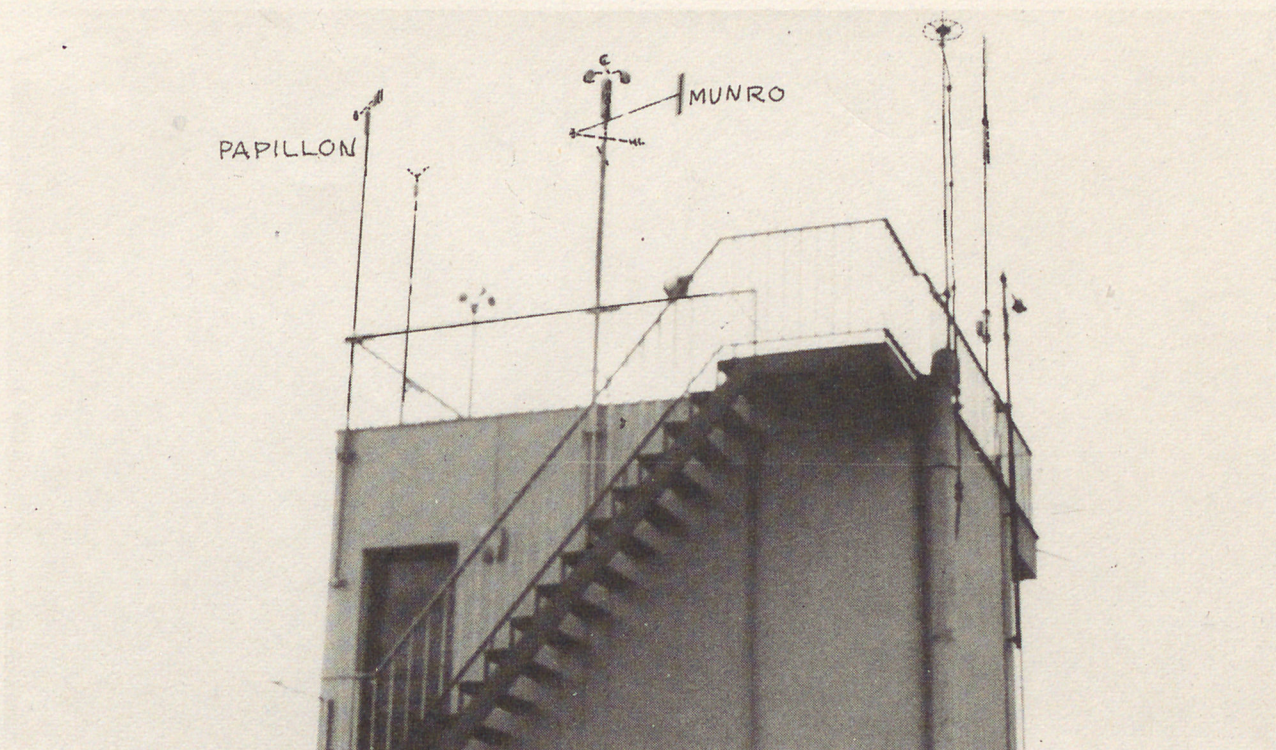
SITUACION DEL PRANTOGRAFO METEOROLOGICO, APARATO DE MONITORING A LA DERECHA, PLATAFORMA DE LOS PRANTOGRAFOS SERVIDORES AL CENTRO DE MONITORING GLOBAL Y MONITORING METEOROLOGICO EN MONITORING DE MONITORING
Elaborado por el autor, mayo 1992

...y con una lámina circular mínima de 500 mm a las bases superiores inter-
aparecidos en líneas a trazo. Naturalmente en el trazo superior inter-
viene la práctica del meteorólogo predilecto, que no dispone de datos a
mesoscala. El fenómeno puede ser observado en un conjunto de de-
tos más densos. Tal como se expone en el artículo reseñado en [8], en el
cual también se refiere al trazo de las bases superiores. Se refiere que
estos fenómenos de posible formación de vórtices o borascas a mesosca-
la, a su vez, de cadenas montañosas, según nuestro conocimiento, no
han sido constatados experimentalmente en la actualidad. Este comen-
ta en principio, es difícil, por la enorme cantidad de datos meteorológicos en
superficie que existen necesarios, solo para un fenómeno específico y con
una pequeña probabilidad de que ocurra localmente.
...al otro...
...[1]...
...[2]...
...[3]...
...[4]...
...[5]...
...[6]...
...[7]...
...[8]...

...[9]...
...[10]...
...[11]...
...[12]...
...[13]...
...[14]...
...[15]...
...[16]...
...[17]...
...[18]...
...[19]...
...[20]...
...[21]...
...[22]...
...[23]...
...[24]...
...[25]...
...[26]...
...[27]...
...[28]...
...[29]...
...[30]...
...[31]...
...[32]...
...[33]...
...[34]...
...[35]...
...[36]...
...[37]...
...[38]...
...[39]...
...[40]...
...[41]...
...[42]...
...[43]...
...[44]...
...[45]...
...[46]...
...[47]...
...[48]...
...[49]...
...[50]...
...[51]...
...[52]...
...[53]...
...[54]...
...[55]...
...[56]...
...[57]...
...[58]...
...[59]...
...[60]...
...[61]...
...[62]...
...[63]...
...[64]...
...[65]...
...[66]...
...[67]...
...[68]...
...[69]...
...[70]...
...[71]...
...[72]...
...[73]...
...[74]...
...[75]...
...[76]...
...[77]...
...[78]...
...[79]...
...[80]...
...[81]...
...[82]...
...[83]...
...[84]...
...[85]...
...[86]...
...[87]...
...[88]...
...[89]...
...[90]...
...[91]...
...[92]...
...[93]...
...[94]...
...[95]...
...[96]...
...[97]...
...[98]...
...[99]...
...[100]...

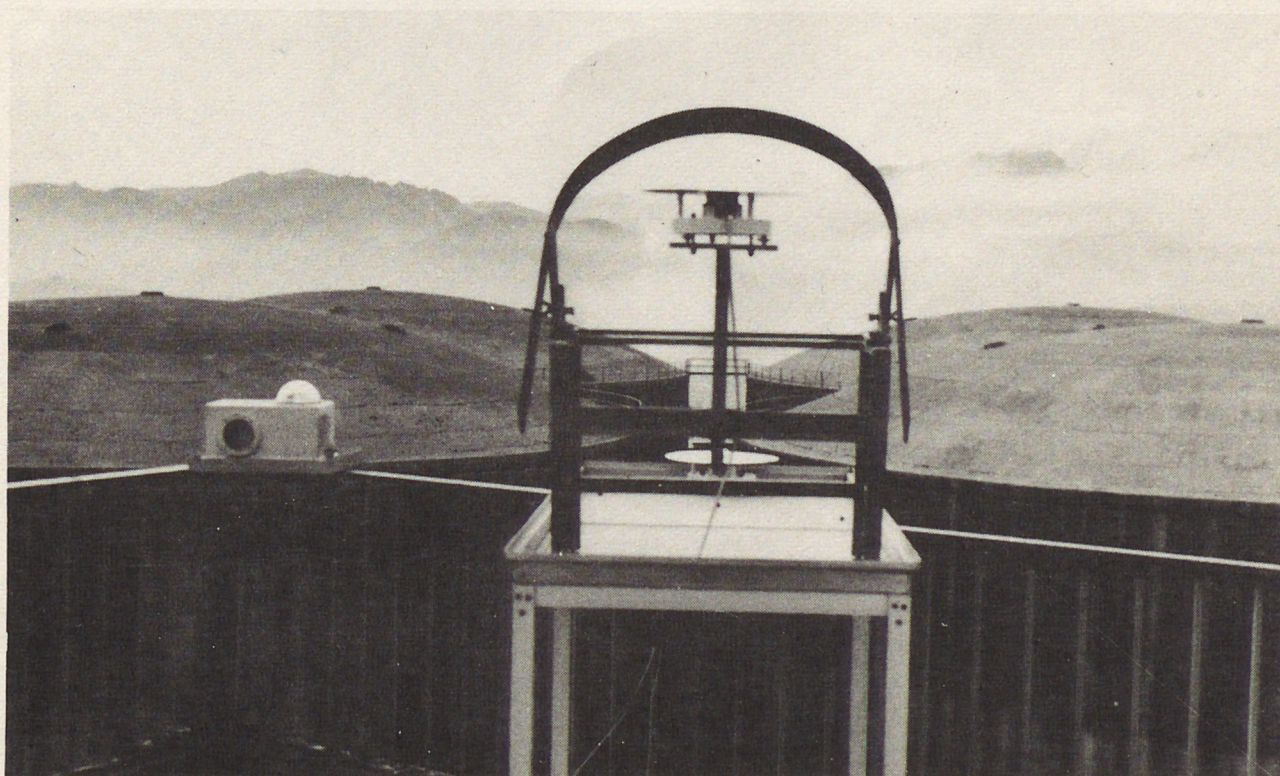
...[101]...
...[102]...
...[103]...
...[104]...
...[105]...
...[106]...
...[107]...
...[108]...
...[109]...
...[110]...
...[111]...
...[112]...
...[113]...
...[114]...
...[115]...
...[116]...
...[117]...
...[118]...
...[119]...
...[120]...
...[121]...
...[122]...
...[123]...
...[124]...
...[125]...
...[126]...
...[127]...
...[128]...
...[129]...
...[130]...
...[131]...
...[132]...
...[133]...
...[134]...
...[135]...
...[136]...
...[137]...
...[138]...
...[139]...
...[140]...
...[141]...
...[142]...
...[143]...
...[144]...
...[145]...
...[146]...
...[147]...
...[148]...
...[149]...
...[150]...

...[151]...
...[152]...
...[153]...
...[154]...
...[155]...
...[156]...
...[157]...
...[158]...
...[159]...
...[160]...
...[161]...
...[162]...
...[163]...
...[164]...
...[165]...
...[166]...
...[167]...
...[168]...
...[169]...
...[170]...
...[171]...
...[172]...
...[173]...
...[174]...
...[175]...
...[176]...
...[177]...
...[178]...
...[179]...
...[180]...
...[181]...
...[182]...
...[183]...
...[184]...
...[185]...
...[186]...
...[187]...
...[188]...
...[189]...
...[190]...



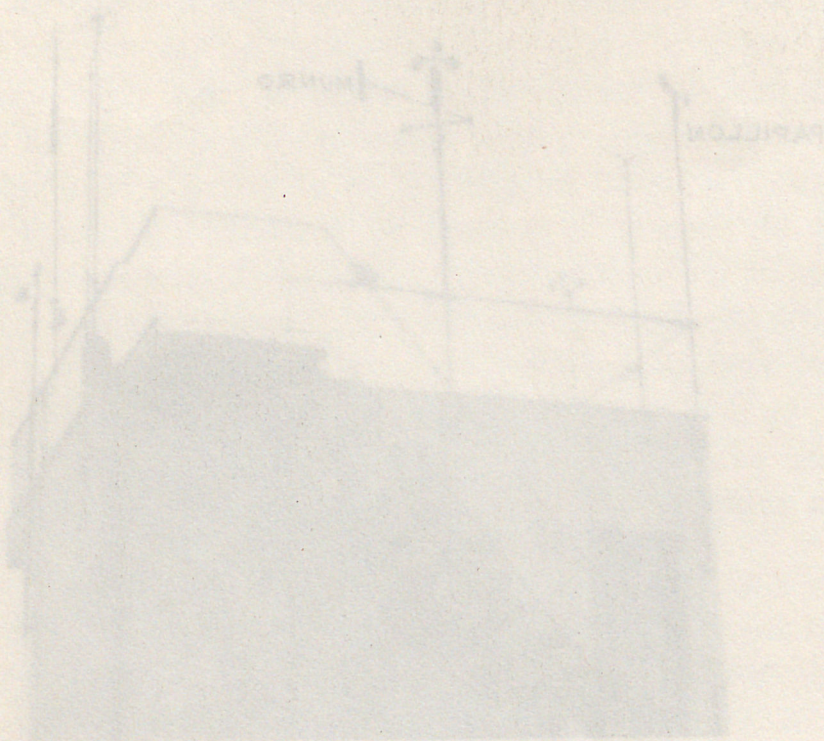
SITUACION DE LOS SENSORES DEL ANEMO-VELETA MUNRO Y DEL ANEMOMETRO Y VELETA PAPILLON.

(Fotografía del autor enero 1984.)



SITUACION DEL PIRANOGRAFO BIMETALICO. APARECE DE FRENTE A LA IZQUIERDA. A LA DERECHA, PLATAFORMA DE LOS PIRANOGRAFOS TERMoeLECTRICOS DE IRRADIACION GLOBAL Y DIFUSA, INSTALADA EN MARZO DE 1983.

(Fotografía del autor, enero 1984.)



SITUACION DE LOS SENSORES DEL ANEMOVIELTA MUÑOZ Y DEL ANEMOMETRO Y VIELTA PABILLON
 (fotografía del autor enero 1984)



SITUACION DEL PIRANOGRAFO BIMETALICO. APARECE DE FRENTE A LA IZQUIERDA A LA DERECHA PLATAFORMA DE LOS PIRANOGRAFOS TERMORECTRICOS DE IRRA-
 DIACION GLOBAL Y DIFUSA. INSTALADA EN MARZO DE 1983
 (fotografía del autor, enero 1984)



SECRETARIA GENERAL TECNICA
SERVICIO DE PUBLICACIONES

M55(4)
OVIE
MA
A 9