

la precaución de orientar el espejo al contrario, en cuyo caso la división S. mirará al Norte, E al Oeste, y así sucesivamente; la lectura dará entonces la dirección que se debe inscribir en las hojas y que es siempre aquella de *donde viene* la nube.,,

La observación de la dirección del viento en tierra se hace casi siempre con una veleta, el más sencillo de los *anemoscopios*. Debe estar instalada á una altura suficiente para que los remolinos que resultan de la proximidad de los edificios, de los árboles, etc., no estorben sus verdaderas indicaciones. Importa sobre todo que sea muy movediza, condición que se llenará cuando pueda girar libremente alrededor de un eje de verticalidad perfecta, y cuando esté bien en equilibrio, con su centro de gravedad en el eje mismo. En la varilla vertical hay soldadas dos placas formando un ángulo agudo (de unos 20°), las cuales tienen por contrapeso una ficha terminada en una punta ó en una bola situada en el plano bisector de las dos placas. La varilla atraviesa la techumbre del edificio así como el techo de la habitación en que está el observador, y pasa por unas grapas que la sostienen sin sujetarla. En su extremo inferior lleva un disco horizontal sólido, metido en un tambor fijo en el techo y descansando en unas bolas de metal ó de ágata (1). De esta suerte queda asegurada la movilidad de la varilla que baja de la veleta, y por otra parte, dándole las dos placas más estabilidad, impiden las oscilaciones demasiado fuertes y frecuentes, que se observan durante los temporales cuando la placa es una sola. Las indicaciones se leen debajo del tambor en una rosa de vientos trazada en el techo y que tiene por centro el extremo de la varilla. Esta lleva con tal objeto una aguja fija en una dirección exactamente paralela al plano bisector de las dos placas de la veleta, la cual sigue por consiguiente todas sus oscilaciones. Con esta instalación se puede observar la dirección del viento á cada instante, tanto de día como de noche, sin necesidad de salir de la habitación, y es muy suficiente cuando no se tiene empeño en anotar todas las variaciones de esta dirección. Pero cuando se quieren conocer estas variaciones de un modo continuo, ó siquiera á cortos intervalos y sin interrupción, la observación de la veleta es penosa en demasía. En este caso hay que adoptar aparatos indicadores, ya de la dirección, ya de la velocidad del viento, ó bien de ambos elementos á la vez. Desde principios del siglo pasado se comprendió la utilidad de estos instrumentos, y un distinguido mecánico de aquella época, llamado d'Ons en Bray, hizo en 1734 la descripción de "un anemómetro que marca por sí mismo en el papel no tan sólo los vientos que soplan cada veinticuatro horas, y la hora en que cada uno ha empezado y concluido, sino también sus diferentes velocidades ó fuerzas relativas.,," Este aparato consistía en un cilindro vertical puesto sobre el eje de la veleta, que daba vuelta como ella y llevaba 25 lápices colocados en forma de hélice; una tira de papel puesta en marcha por un mecanismo de relojería se iba desenrollando delante del cilindro, y el lápiz, que en virtud del movimiento de la veleta rozaba con la superficie del papel, trazaba en ella una línea continua. La altura de la línea así trazada indicaba la dirección del viento y su longitud daba á conocer el tiempo durante el cual había soplado.

(1) "En lugar de hacer que descansa la veleta sobre unas bolas, dicen las *Instrucciones meteorológicas*, se la puede sostener, en una gran vasija llena de agua salada ó cargada de cloruro de calcio, por medio de un flotador, por ejemplo un cilindro de cinc hueco ó una esfera. Este flotador podrá estar provisto exteriormente de aletas, destinadas á aumentar el rozamiento contra el líquido. De este modo, mejor que por cualquier otro procedimiento, se tiene una veleta que obedece á los vientos más débiles, y que por el contrario, ofrece gran resistencia á los cambios de posición rápidos, lo cual hace que, cuando soplan vientos fuertes, no sufra esas violentas oscilaciones que las más de las veces tienen por causa algún defecto del instrumento.,,"

El número de aparatos inventados desde entonces para inscribir la dirección, velocidad ó fuerza del viento, es muy grande. Nos limitaremos á mencionar el anemoscopio del P. Beaudoux que llevaba dos especies de salvaderas ó arenilleros, cada uno de los cuales depositaba en los canalones de una corona una parte de la arenilla que contenía. Como en la corona había para el equilibrio dos filas de diez y seis cajitas, la cantidad de arena vertida en cada una de éstas era proporcional al tiempo durante el cual había soplado el viento en la dirección correspondiente. M. Liais ha descrito un anemómetro parecido al que acabamos de describir; en lugar de arena, es agua suministrada por un vaso de Mariotte (de salida constante) la que cae en las cajas de muchas coronas concéntricas. Cuanto más fuerte es el viento, más cerca del eje está la corona en que cae el agua del embudo, de suerte que la fila de la corona marca la intensidad, al paso que la dirección está marcada por la caja, y la duración del viento por la cantidad de agua recogida en ésta.

Se ha tratado de medir directamente la intensidad del viento: los aparatos ideados con este objeto son los llamados anemómetros de presión, y si sólo se quiere medir la velocidad (de la cual se deduce la fuerza del viento por medio de un cálculo, según una relación determinada por la experiencia), se usan sobre todo los *anemómetros de rotación*. Los primeros se usan poco. Citemos el de Bouguer (fig. 183), formado de una placa circular D cuya superficie se presenta perpendicularmente á la dirección del viento; la placa está provista de una varilla *z*, la cual atraviesa sin rozamiento un tubo que contiene un muelle espiral que resiste al hundimiento de la varilla, es decir, á la acción del viento sobre la placa; una escala graduada da á conocer cuánto ha cedido el muelle. El anemómetro de Lind (fig. 184) está basado en la repulsión de una columna líquida

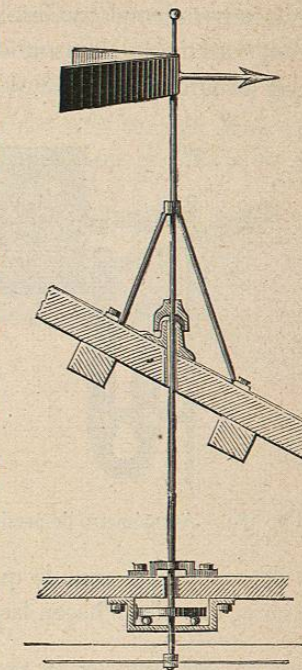


Fig. 182.—Instalación de una veleta

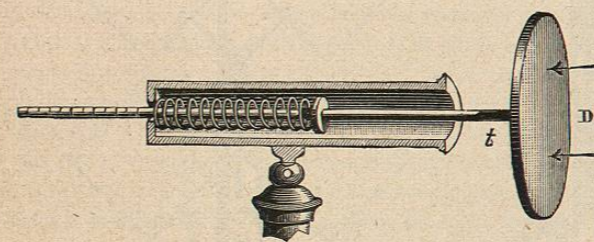


Fig. 183.—Anemómetro de presión de Bouguer

contenida en un tubo encorvado en forma de sifón. Este tubo gira con el eje AB de una veleta G y presenta uno de sus orificios O á la acción del viento: la diferencia del nivel del mercurio en los dos tubos indica la presión ejercida por el viento. Por último, en el anemómetro de presión de Taupenot, representado en la fig. 185, la fuerza del viento se ejerce contra una placa rectangular que gira alrededor de un eje horizontal dirigido perpendicularmente al plano de la veleta. Cuanto más fuerte es el viento, más se levanta la placa; pudiéndose medir el ángulo que forma con la vertical por el número de cranes salientes que corresponden á las divisiones de la placa, cortada en cuarto de círculo.

Pasemos á los anemómetros de rotación usados hoy en los observatorios meteorológicos.

lógicos. Estos aparatos son al mismo tiempo anotadores. Los primeros de esta clase que se construyeron, por ejemplo, el de Wolmann, perfeccionado por Combes y por el general Morin (1), inscribían el número de las vueltas de sus molinetes en unos contadores de cuadrante; pero en los aparatos más recientes, la electricidad es la encargada de transmitir y anotar sus indicaciones en el papel dado de negro de los cilindros. Tomaremos por ejemplo de estos últimos aparatos los anemómetros que están en uso en el Observatorio de Montsouris hace unos diez años.

En un principio, el anemómetro de M. Hervé-Mangón servía para inscribir la direc-

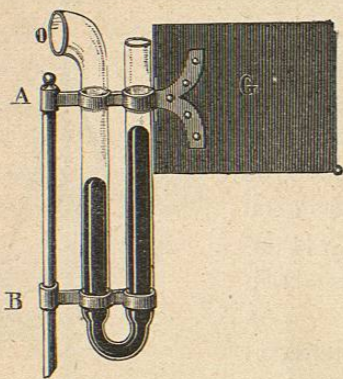


Fig. 184.—Anemómetro de presión de Lind

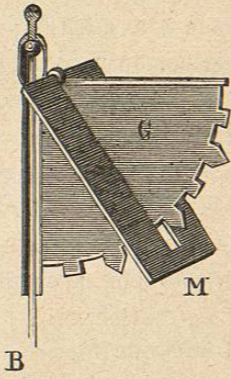


Fig. 185.—Anemómetro de presión Taupenot

ción del viento. He aquí de qué modo: la veleta lleva en su eje cuatro discos metálicos que giran con ella y hacen las veces de conmutadores eléctricos. Con este objeto, cada

(1) El anemómetro Combes merece algo más que una simple mención. He aquí su descripción y su figura tomadas del excelente *Diccionario de matemáticas aplicadas* de M. Sonnet:

“Se compone de cuatro alas planas C, C, C, C, puestas en un eje A, terminado en unas puntas muy finas

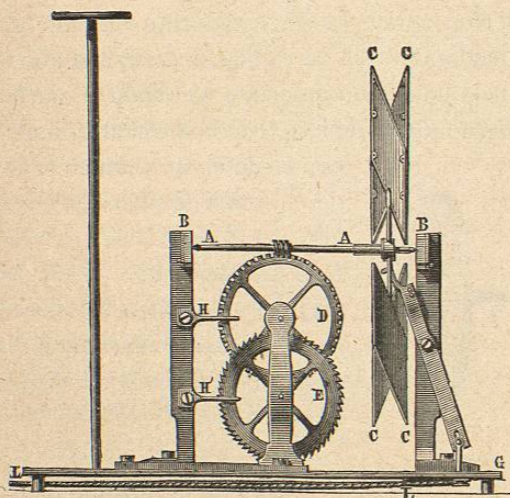


Fig. 186.—Anemómetro Combes, vista lateral

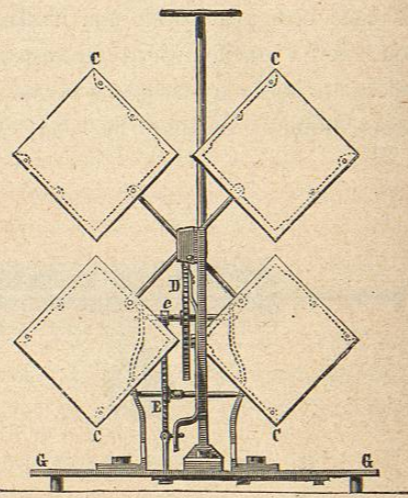


Fig. 187.—Anemómetro Combes, vista de frente

que giran en chapas de ágata BB. Expuesto este molinete al viento de modo que la velocidad de éste sea paralela al eje AA, emprende un movimiento de rotación más ó menos rápido. Un tornillo sin fin, tallado en el eje AA, comunica el movimiento á una rueda dentada D, en cuyo eje hay un pequeño muñón que á cada movimiento hace pasar un diente de otra rueda E, la cual está sujeta por un muelle muy flexible fijo á la placa horizontal G, en la que descansa todo el aparato. La rueda D tiene 100 dientes, y la E 50. Dos

disco lleva muescas en los 5 octavos de su circunferencia y los otros 3 octavos forman saliente; pero los cuatro discos están fijos en el eje de modo que la parte media de cada una de las salientes ó resaltos está á 90 grados de la situada encima ó debajo de ella, de suerte que cuando el movimiento de la veleta orienta una de ellas al Norte, las otras tres están orientadas al Este, al Sur y al Oeste. En la caja que contiene los discos hay cuatro muelles enfrente de cada uno de ellos, y apoyándose en su circunferencia, mantienen el contacto con el disco que presenta su parte saliente. Este contacto persiste mientras la dirección del viento está comprendida entre las divisiones extremas que corresponden á los 3 octavos de la circunferencia; puede existir para un solo disco ó para dos discos á la vez, pero nunca para más. Hay un solo contacto cuando el viento sopla de una de las cuatro direcciones principales N., E., S., O.; en las cuatro direcciones intermedias hay contacto para los dos discos correspondientes. Pero los muelles ó frotadores están en relación, por medio de unos hilos conductores, con los polos de cuatro electroimanes; cuando se establece el contacto, pasa la corriente, anima uno ó dos de los electros, y mueve un temblón que marca un punto en una tira de papel que se desenrolla de un modo uniforme impulsado por un mecanismo de relojería. La inscripción se hace de diez en diez minutos, de suerte que examinando los puntos trazados en el papel en un período de 24 horas, se podrá conocer la dirección del viento y todas sus variaciones durante este intervalo

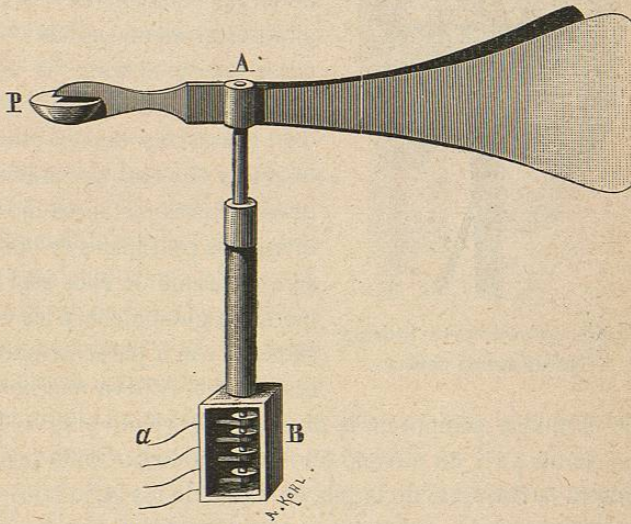


Fig. 188.—Veleta del anemómetro H. Mangón

agujas H y H', puestas enfrente de estas ruedas, sirven para dar á conocer cuanto ha girado cada una de ellas. A cada vuelta del molinete el tornillo sin fin avanza un paso, y la rueda D un diente; por consiguiente, si se ve que la E ha saltado m dientes y que la D ha girado además n dientes, se deducirá que el molinete ha dado $100m + n$ vueltas. Con dos alambres LL, que se pueden manejar desde alguna distancia, se hace mover una horquilla K que se interpone entre los brazos del molinete cuando se quiere detener el aparato ó que se retira de él si se le quiere poner en marcha. Para hacer uso de este aparato, se empieza por poner el cero de cada rueda enfrente de la aguja correspondiente; se coloca el instrumento en la corriente cuya velocidad se quiere medir, se retira la horquilla á un momento dado, se deja que el molinete dé vueltas tres ó cuatro minutos y en seguida se tira del alambre que sirve para introducir la horquilla entre el molinete, acto continuo se mira en las ruedas el número de vueltas dadas por el aparato, y se deduce fácilmente de ellas el número de las dadas por segundo.

„Si N es este número de vueltas y si llamamos V á la velocidad del viento y a y b á las constantes, tendremos $V = a + bN$. Las constantes a y b se han determinado de antemano poniendo el aparato en corrientes cuya velocidad sea conocida, ó más bien haciéndole mover con una velocidad conocida en un aire en reposo.”

El general Morin añadió al anemómetro Combes otra rueda de 100 dientes, merced á la cual se puede contar hasta 500.000 vueltas, y le proveyó de cuadrantes cuyas agujas indicaban el número de vueltas dadas. Este anemómetro se hace de materiales más ó menos ligeros, según las velocidades que se han de medir. Para las velocidades pequeñas (Peclet las midió de $0^m,16$ por segundo) las alas del molino se hacen de mica.

A pesar de la bondad de este aparato, adolecía del inconveniente de no marcar más que ocho direcciones. Con objeto de obtener diez y seis, M. Marié-Davy, director del Observatorio, le sustituyó con un anemómetro construido por Sallerón, cuya descripción es la siguiente: En lugar de veleta tiene dos ruedas verticales de paletas oblicuas

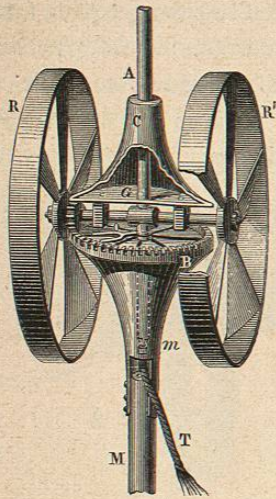


Fig. 189. — Anemómetro Sallerón: ruedas de paletas oblicuas

con él, queda siempre en la dirección del viento y sirve de contacto entre el sector en que se apoya y un noveno hilo que comunica con la pila del anotador. De este modo penetra la corriente de la pila en aquel de los ocho hilos que parte del sector que está en contacto con la horquilla, ó también en los hilos de dos sectores contiguos cuando la dirección del viento es intermedia entre dos de los ocho rumbos principales.

Veamos ahora cómo funciona el anotador. Cada uno de los ocho hilos va á parar á un electroimán especial, cuya armadura actúa sobre una grande aguja que lleva en su extremo una punta fina, la cual se apoya en la superficie del cilindro dado de negro. Este cilindro recibe movimiento uniforme de un reloj que sólo deja pasar de diez en diez minutos la corriente de la pila. A la derecha de la figura 190 se ven las ocho agujas que corresponden á los ocho rumbos principales del viento. Cuando la corriente no pasa, cada aguja traza un círculo en el cilindro; mas tan luego como pasa por uno ó dos de los electroimanes, la aguja (ó las dos agujas correspondientes) traza una rayita transversal; cada diez minutos se inscribe un trazo semejante, con lo cual se puede ver á la vez qué viento sopla en un instante dado del día y por espacio

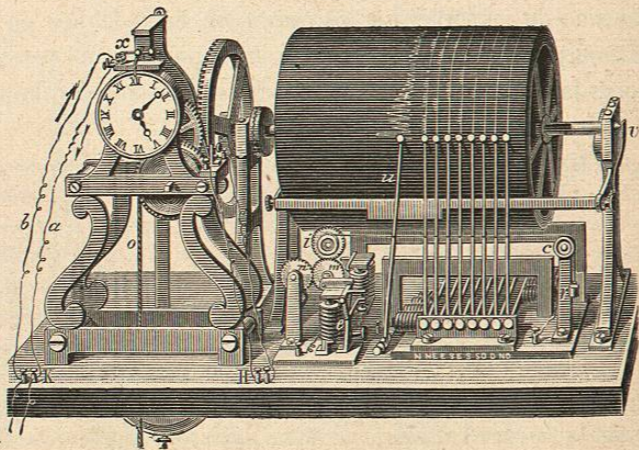


Fig. 190. — Anotador del anemómetro Sallerón

de cuánto tiempo ha soplado, en virtud del número y de la distancia que media entre los trazos marcados en cada una de las ocho circunferencias.

La velocidad del viento se conoce con el anemómetro de Robinson, que es un molinete de cuatro brazos horizontales, cada uno de los cuales lleva en su extremo un hemisferio metálico hueco. Este molinete está sostenido por un eje D en la punta de una barra y gira á los embates del viento, más fuerte en el interior de los hemisferios que en su parte convexa. Del número de las vueltas ó revoluciones hechas por el molinete se puede deducir la velocidad del viento por hora y por segundo, en virtud de un principio establecido por el inventor Robinson, según el cual el número de vueltas es proporcional á la velocidad del viento; cuando la longitud de los brazos es bastante grande para que se pueda considerar como insensible el rozamiento en el eje, el camino recorrido por uno de los hemisferios en un tiempo dado es igual al tercio del camino recorrido por una molécula de aire en el mismo espacio de tiempo. Así, pues, mediante un cálculo fácil se puede averiguar la velocidad del viento si se conoce el número de vueltas del molinete y la distancia del centro de un hemisferio al eje de rotación. Esta es conocida y constante para un anemómetro; un contador de cuadrante ó un anotador eléctrico marca el número de las vueltas. En ambos casos, el árbol D que sustenta el molinete, ó más bien la varilla y, comunica su movimiento de rotación por medio de un tornillo sin fin á una rueda dentada x. Cada vuelta del molinete hace que avance un diente de esta rueda; si tiene 100 dientes, una revolución de la rueda corresponderá á 100 vueltas. En los contadores la primera rueda engrana por un piñón con otra rueda cuya velocidad es 10 veces menor, y cada revolución corresponderá á 1.000 vueltas de molinete. Merced á los índices de los cuadrantes centrados en estas ruedas, se podrán calcular las vueltas que ha dado el molinete en un tiempo determinado y por consiguiente el número de kilómetros recorridos por el viento, ó según el lenguaje meteorológico, los kilómetros de viento que han pasado por el anemómetro en 24 horas.

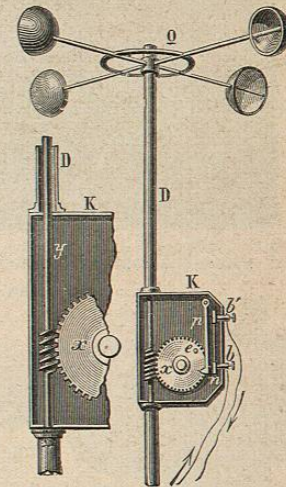


Fig. 191. — Anemómetro de molinete de Robinson

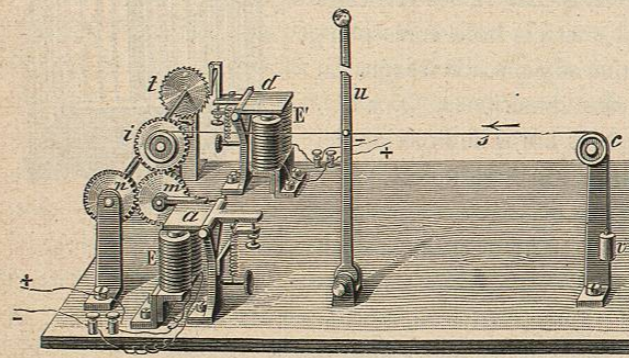


Fig. 192. — Mecanismo del anotador de la velocidad del viento

La inscripción eléctrica de la velocidad se efectúa del modo siguiente. A cada vuelta de la rueda x, una clavija se pone en contacto con la palanca ϕ , haciendo que se apoye sobre una placa elástica en n. Entonces la corriente de la pila, interceptada en el tornillo b, pasa por b' y llega al electroimán E' (fig. 192), cuya armadura se baja, actuando por medio de un trinquete en la rueda dentada t á la cual hace avanzar un diente. Este movimiento se comunica por las ruedas n m i á una hebra de seda fija