

ciones este mecanismo no deja nada que desear, lo que explica el que sus aplicaciones sean cada día más numerosas.

Como hemos dicho más arriba, este perfeccionamiento no concierne sino al mecanismo motor, ó receptor propiamente dicho, es decir, las *aspas*; se adapta lo mismo á los molinos antiguos que á los de nueva construcción.

Para las dimensiones ordinarias de 20 á 22 metros de longitud de las *aspas* desplegadas y de un ancho de 2^m,30 á 2^m,50 de las mismas, el coste de este mecanismo es próximamente de 2.500 pesetas no comprendiendo los *brazos* que forman parte de la armadura principal.

PEQUEÑO MOLINO DURAND.—Se debe considerar como muy útil para proporcionar medios de riego en los lugares elevados, que se verían naturalmente privados de ellos, el ingenioso mecanismo construido hace unos años, pero muy perfeccionado despues, por Mr. Durand.

Hé aquí el informe dado á la Academia de Ciencias, en 1842, por una comision encargada del exámen de esta máquina.

«El aparato sobre el que llamamos hoy vuestra atencion no es el fruto nuevamente producido por un cerebro inventivo; es la obra perseverante de un constructor hábil, que no ha deseado obtener para su máquina el alto testimonio de vuestra aprobacion sino despues de haberla hecho experimentar durante largos años la ruda prueba de una experiencia práctica.

Antes de hacer la descripcion del ingenioso molino de Mr. Durand, creemos deber anunciar sumariamente el objeto que se ha propuesto.

Impresionado por el abandono que parecia hacerse generalmente de la más económica de las fuerzas motrices, la potencia del viento, Mr. Durand ha buscado sus causas y piensa haberlas hallado en la desigualdad de este medio de accion y en la extrema dificultad de regular su aplicacion. El viento sopla demasiado, ó demasiado poco; á veces no sopla nada absolutamente. El inconveniente inherente á esta fuerza mótriz es, pues, exponer á quien se sirva de ella á estas tres alternativas: demasiada fuerza, poca fuerza y ninguna fuerza.

Hallar el medio de desembarazarse del exceso de la fuerza, sacar todo el partido posible de esta fuerza cuando se debilita, es casi hacer desaparecer dos de los tres inconvenientes que acabamos de señalar. Un estudio práctico ha probado muy pronto que aun el último de estos inconvenientes, la ausencia del viento, la calma absoluta de que es imposible triunfar, estaba mucho más restringido que lo que hasta aquí se habia supuesto.

Razonamos así en vista de los experimentos que han pasado á nuestra vista, que hemos podido comprobar, y que nos han dado la conviccion de que los molinos de que se trata giran por término medio diez y seis horas en cada veinticuatro.

Las soluciones que Mr. Durand se ha esforzado en conseguir son las siguientes:

- 1.^a Construir un aparato capaz de recoger con los menores gastos posibles la fuerza útil del viento.
- 2.^a Acercarse lo más posible á la regularidad de marcha, eximiendo la máquina de toda vigilancia, sea para su tela, sea para su orientacion.
- 3.^a Obtener la mayor suma de trabajo, en un tiempo dado, manteniendo constantemente el molino en el viento bajo su máximo de toldo.
- 4.^a Realizar estos efectos útiles con una máquina de una construcción sencilla, económica, de fácil reparacion, llevando en sí misma las condiciones de direccion y no exigiendo ninguna vigilancia especial.

En suma, el inventor se propuso la construcción de un molino que utilizase la fuerza del viento en todos los grados en que se desarrolla, que pudiera moverse bajo la impresion del viento más débil, siendo capaz al mismo tiempo de resistir al viento más fuerte, sin apartarse de un máximo de velocidad susceptible de ser regulado previamente; en fin, se ha esforzado por dotar á la agricultura y á la industria de una máquina que tomase constantemente al viento la totalidad de su fuerza útil, bastándose á sí misma en todas las circunstancias atmosféricas.

El molino de Mr. Durand es del género de los que reciben el viento por su parte posterior; esta disposicion ha sido adoptada preferentemente por proporcionar el método más sencillo y más seguro de una buena y constante orientacion.

Un soporte lleva el árbol motor y sirve de eje á todo el sistema de orientacion. A una de las extremidades del árbol están las *aspas*: el manubrio que trasmite el esfuerzo está fijo en la otra extremidad. La accion del viento obrando sobre las *aspas* por detrás, se ejerce en un punto situado más alto que el centro de gravedad de todo el sistema; el soporte del árbol, cediendo á la impresion del viento sobre las *aspas*, coloca al árbol, al cual están fijas, en una direccion paralela á la corriente del aire; las *aspas* se hallan de este modo mantenidas en ángulo recto con el viento, cambiando de posicion á medida que varía la incidencia de éste para volver á tomar la posicion en ángulo recto, la única en que la fuerza de impulsión, equilibrándose á sí misma en todas las *aspas*, no las permite más que un movimiento de rotacion al rededor de su eje comun.

Las *aspas* son seis, de las que cada una presenta en su conjunto, un triángulo acutángulo de 1^m,50 de base por 2^m,50 de altura; la armazon total es de 6^m,90, y la de la parte cubierta de tela 6^m,50; las superficies están compuestas de tela comun, como en los molinos antiguos, pero con la diferencia de que están extendidas en todos sentidos; y no presentan por lo tanto ningun pliegue que se oponga al paso del viento; no están tampoco soportadas, como de ordinario, por marcos en forma de escalera, sino simplemente adheridas á la manera de las velas de los barcos. Resulta de esta disposicion que tres piezas de madera, sin espigas ni muescas, forman solo, con dos pequeñas chapas de junta, toda la armazon de una *aspa*. Esta combinacion ofrece los medios de sustraer las *aspas* á la excesiva violencia del viento cuando se presenta, y en la sola proporcion conveniente para continuar una marcha regular. La instalacion que vamos á describir tiene por objeto poner en relacion constante la superficie de las *aspas* con la fuerza del viento, á fin de obtener una cantidad media de accion sensiblemente uniforme, á pesar de las enormes variaciones de la potencia cuya accion se toma.

DISPOSICION DE LAS ASPAS.—Suprimiendo lo restante del informe de la Academia de Ciencias vamos á detallar la descripcion del citado modelo. Las figuras 32 y 31 dan idea del aparato en cuestion, siendo aquélla una vista de frente y ésta una vista lateral del molino, pero con posicion distinta de las *aspas*. Se ven las seis *aspas* montadas sobre el núcleo *A*; el árbol motor es el *AB* y todo el armatoste gira al rededor del árbol vertical *DC*, el cual tiene un quicio en su parte inferior *C* y se apoya en una plataforma unida á tres maderos oblicuos, que son la base del aparato; estos tres maderos se unen por la parte superior en un collar, dentro del que gira el árbol vertical; uno de ellos tiene unos palitroques, para servir de escalera. El viento sopla en el sentido *BA* y el empuje de éste sobre las paletas será diferente, si no forma el mismo ángulo con todas ellas, por lo cual hace moverse el árbol *AB* hasta que éste se orienta perfectamente en su direccion.

Cada aspa consta de un gran radio ó brazo (hemos dicho que son seis) implantado en *A*, de una pieza perpendicular á éste *DFE*; articulada al brazo y pudiendo girar libremente alrededor de dicho punto *D*, una cuerda sujeta á *E* con el extremo del brazo. La tela forma una especie de triángulo entre la verga *DE* y el brazo, yendo sujeta además por una cuerda al origen del brazo inmediato.

Esta disposición que es la base del sistema, permite á cada vela colocarse casi en el plano de los brazos, cuando el viento no es fuerte, girando cada verga al rededor de su punto de union con el brazo. Entonces el aparato toma la forma de la figura 32. Si el viento es muy fuerte, las vergas se colocan por sí mismas perpendicularmente al plano de los brazos, como se indica en la figura 31. Para un viento regular las posiciones de las vergas y velas, serán intermedias entre las dos extremas citadas.

Cada verga lleva en su punto medio *F* una cadena, que pasa por una polea fija en el extremo de una nueva pieza *FD*, la cual va fija al brazo; dicha cadena va atada por un extremo á la mitad del brazo, según indica la figura 32; pasa por la polea citada, baja á otra situada en *D*, recorre toda la longitud del brazo hasta el centro de la rueda y pasa por otra tercer polea para unirse á una manga *G*, á la cual concurren seis cadenas análogas de los seis brazos. Dicha manga *G* lleva otra cadena algo más fuerte, la cual pasa por una polea *B* y termina en un contrapeso *X*. La manga *G* es susceptible de acercarse más ó menos al núcleo *A*.

De aquí resulta que la acción del contrapeso *X* tiende á separar *G* de *A* y portanto á disponer las vergas de modo que coincidan con las piezas fijas *FD* y las aspás tomen la posición indicada en la figura 32. Pero cuando el viento sopla según *BA* empuja las velas y hace separar las vergas de las piezas fijas *DE*, levantando con dicho movimiento el contrapeso *X* y tendiendo á tomar la posición de la figura 31. Esta es la parte esencial del mecanismo.

Cuando se quiere que no obre el contrapeso *X* se eleva éste por una segunda cadena, que obra gracias á otra polea situada junto á la *B*, cuya cadena se arrolla sobre un pequeño torno *L*.

Para transmitir la fuerza motriz de este aparato, se adapta al extremo del árbol *AB* un manubrio, el cual produce, por un sencillísimo mecanismo un movimiento alternativo en la pieza *MM*, la cual puede ser el vástago de una bomba; dicha trasmisión debe ser tal que los giros al rededor de *O* no se transmitan al vástago *MM*.

A veces se simplifican estos molinos, siendo más toscos y económicos, pero perdiendo sus verdaderas ventajas. El resultado de su disposición es el fruto de muchos años de experimentos y cálculos de su inventor.

PERFECCIONAMIENTOS DEL MOLINO DURAND. Desde la época de éste, M. Durand ha mejorado notablemente su molino, siendo hoy día el más usual y del que existen buenas y numerosas aplicaciones, en Francia sobre todo.

Este molino, de una potencia limitada de 25 á 30 kilográmetros por segundo, ó sea próximamente 0,33 de un caballo dinámico, es útil sobre todo para elevar económicamente pequeños volúmenes de agua á grande altura, y conviene para las mesetas elevadas ó laderas que no pueden recibir riegos sino por medios artificiales. Ahora bien, las máquinas diferentes de las bombas no elevan bien el agua á 30, 40 ó 50 metros; y cuando una bomba, exigiendo, por otra parte, muy pocas reparaciones, está provista, como en el caso actual, de un motor natural cuyo gasto es casi nulo, cuando el receptor es durable y económico, no reclamando en cierto modo ninguna mano de obra ni vigilancia, á no ser un engrasa-

do periódico, se puede estar seguro que el trabajo, en los límites que le están asignados, se efectúa en buenas condiciones.

El molino de M. A. Durand, cuyas dimensiones son casi constantes, cuesta poco más ó menos 1.500 pesetas para suministrar el agua á una altura media de 20 á 25 metros. En estas condiciones, es una máquina elevadora ventajosa para los riegos de terrenos elevados. Añadiremos que esta ventaja será más apreciada á medida que vayan extendiéndose las aplicaciones del riego por medio de albercas con la adición de abonos, porque entonces todas las aguas sin distinción serán susceptibles de dar excelentes resultados.

El molino Nahondeau no es más que un perfeccionamiento del de Durand. Sobre cuatro macizos de mampostería situados á unos 3 metros de distancia mútua se colocan cuatro maderos inclinados hácia el centro, y cuya longitud es de 6 á 8 metros; se unen por su parte superior con un aro de hierro de 0^m,63 de diámetro. A unos 2^m,70 bajo de este aro va una galería con una balaustrada, y una placa que hay en su centro sirve de pivote ó quicio al eje, que es hueco, así como la placa, para dejar paso al vástago de la bomba. El árbol tiene un codo encima de una horquilla de dicho vástago: á un extremo del árbol están las seis aspás de tela, y al otro el contrapeso. Hay que engrasar este aparato unas dos veces por semana.

CÁLCULO DE UN MOLINO DE VIENTO. No describiremos otros varios sistemas de molinos de viento más ó menos recomendables y muy ponderados todos por sus respectivos fabricantes ó inventores. Bástenos decir que estos molinos, aplicados á puntos en que las tempestades no los hacen peligrar, por ejemplo, en las llanuras de la Mancha, donde se usan desde muy antiguo, permiten sacar al exterior con gran economía la capa de agua del subsuelo y aprovecharla perfectamente vertiéndola sobre albercas que se aplican luego al riego. Y decimos esto, porque si bien los molinos Durand son los mejores, un huracán es temible para ellos, como lo es para los edificios.

Para calcular un molino de viento tenemos que atender á la acción de éste. Los vientos se clasifican según la mayor ó menor velocidad con que soplan, y por tanto, la mayor ó menor presión que ejercen sobre una superficie: el cuadro adjunto da idea de los principales; la anteúltima columna contiene la presión ejercida sobre un cuadrado de un objeto fijo y colocado normalmente á la dirección del viento; la última es dicha presión tal como se ha observado sobre un metro cuadrado de las alas de un molino de viento ordinario en marcha. Para medir estas velocidades se emplea un aparato llamado anemómetro, que es un molinete de pequeñas dimensiones, el cual da por un aparato contador de agujas el mismo número de vueltas, y de aquí se deduce la velocidad. A veces se mide la presión por otro aparato, y de aquí, por el cuadro inmediato, se saca la velocidad. Hay aparatos totalizadores en que se marcan con un punzon las presiones de las diversas horas.

CLASE DE VIENTO	Velocidad en 1°	Velocidad en 1 hora	Presión atmosférica	Presión de molino
Sensible.	1	3,6	0,20	0,492
Suave.	2	7,2	0,54	4,428
Brisa.	6	21,6	4,87	6,027
Viento de los molinos.	7	25,2	6,64	9,963
Fresco.	6	32,4	10,97	17,742
Fuerte.	12	43,2	19,50	27,675
Muy fuerte.	15	54,0	30,47	»
Impetuoso.	20	72,0	54,16	»
Tempestuoso.	27	97,0	98,17	»
Huracanado.	36	129,6	176,96	»
Huracanado extraordinario.	45	132,0	277,87	»

Los molinos suelen calcularse para el viento cuya velocidad es 7 metros, recogiendo la vela de las aspas cuando pasa mucho de este límite.

Los receptores de la acción del viento son generalmente de dos tipos distintos, á saber: con paletas dispuestas sobre un eje vertical, ó sobre uno casi horizontal. Comenzando por los primeros, distinguiremos cuatro casos poco prácticos todos ellos y que enumeraremos sucesivamente.

El primero consiste en disponer unas aspas análogas á las de los molinos ordinarios y mejor en forma parecida á la de las hélices de los buques: la superficie llamada helizoide alabeado, pero colocadas en un eje vertical. La acción del viento se ejerce entonces contra una de las hojas solamente, y si obra sobre las restantes, lo hace generalmente en pura pérdida, ó sea tendiendo á detener el aparato. Esto hace que el rendimiento de este receptor sea más pequeño.

El segundo caso tiene lugar cuando hay varias aletas que afectan las formas cilíndricas, y á veces, aunque no es tan bueno, de superficies cónicas, las que aprovechan la acción del viento por su parte cóncava, presentando poca resistencia en la convexa: la diferencia de las presiones ejercidas por el viento en ambas partes ocasiona el movimiento, lo cual indica que este sistema es poco eficaz y solamente aplicable en caso de vientos muy fuertes.

Se aprovecha también el viento en aparato con eje vertical, aceptando la forma llamada á la *polaca*, que consiste en seis ó más paletas rectangulares de bastante altura que van en un árbol vertical y el todo colocado en el interior de la mitad de un cilindro. Es, pues, como una cuba que se hiciera aserrar de arriba abajo por su mitad y que dentro tuviera una devanadera con seis paletas verticales de lona. Los dos casos anteriores no necesitan orientación, pero si el actual, pues hay que situar la parte cóncava del cilindro de modo que el viento obre normalmente sobre un elemento central.

Por último, pueden disponerse las paletas verticalmente, de modo que una sufra la ac-

ción del viento y se presente normalmente á él, mientras la opuesta no oponga resistencia sensible por haberse colocado de canto á dicha acción. Esto se verifica por medio de transmisiones de movimiento que hagan girar automáticamente á las paletas, lo que exige una maquinaria complicada, por cuya razón se usa muy poco este género de molinos.

Los más comunes son los que tienen su eje casi horizontal; el ángulo que forma con la horizontal exacta es de 10° á 18°, en razón á que la acción del viento por la reflexión con el suelo, no es horizontal, sino algo inclinada, variando entre los límites citados, aunque ordinariamente se adopta el último. Este eje lleva cuatro brazos de 30 á 40 pies de longitud cada uno, colocados perpendicularmente al mismo, y ligeramente encorvados, de modo que son algo cóncavos en la cara expuesta al viento.

Los datos del cuadro anterior, y teniendo en cuenta el sistema de cada molino de viento, permiten calcular cada uno de estos molinos, si bien, como dice el informe citado anteriormente, es preferible atenerse á datos prácticos.

Varios otros molinos, destinados á mover cada uno una bombita, se han propagado con mayor ó menor éxito. Citaremos el americano de Halliday, cuyas aspas constan de tablitas en posición inclinada sobre un rodete, lo que permite orientarse y pararse por medio de un resorte que oprime los varios sectores de las alas.

En Inglaterra se usan mucho los molinos anulares; las aspas son trapeciales y situadas entre dos coronas, unidas éstas á seis brazos. Dichas aspas llevan una varilla curva de hierro que reúne sus centros, y que comprende cada varilla el tercio del número de las mismas, con objeto de aumentar ó disminuir su inclinación.

No terminaremos este asunto sin hacer notar la impropiedad del nombre molinos de viento, que proviene de que la primera aplicación de la fuerza motriz del aire en movimiento, fué á la molienda de los cereales, como en Holanda lo es también la elevación de aguas, y como pudiera serlo para cualquiera otro uso industrial.

Terminada ya la cuestión de motores, pasemos al estudio de las máquinas destinadas á elevar el agua, objeto principal de éste capítulo.

MÁQUINAS PARA LA ELEVACION DE AGUA. Los riegos, de que tratamos principalmente en los capítulos anteriores, son los que se refieren al *cultivo en grande* y que se efectúan por simple derivación, sin el auxilio de ninguna máquina elevadora. Si por el contrario, fuese cuestión principalmente de los que convienen al pequeño cultivo y especialmente al de hortaliza, las observaciones acerca del género de utilidad que puede obtenerse de las máquinas, podrá modificarse notablemente. Se sabe, en efecto, que el riego de los jardines, sobre todo en las comarcas meridionales, se efectúa casi exclusivamente por medio de máquinas. Las unas, muy sencillas, se reducen á cubos, cubetas, ó palas; otras, más complicadas, pertenecen á la clase de norias, rosarios etc.

Diremos sucintamente algunas palabras acerca de estas diversas máquinas, pero teniendo cuidado de hacer notar que aparte del cultivo de hortalizas, regando además por medio de regueras, las máquinas en cuestión no son susceptibles sino muy rara vez, de dar resultados útiles, cuando se trata del cultivo en grande, y en especial de los prados naturales.

El papel de una máquina cualquiera se limita siempre á transmitir la acción de la fuerza que obra sobre ella, modificando ya la dirección, ya la intensidad de esta fuerza. Pero la fuerza así transmitida, ó lo que se llama el efecto útil de una máquina, no llega nunca íntegramente á la cifra del trabajo gastado.

Hay, pues, que distinguir dos cosas en la cuestión que nos ocupa, á saber: 1.ª El in-