

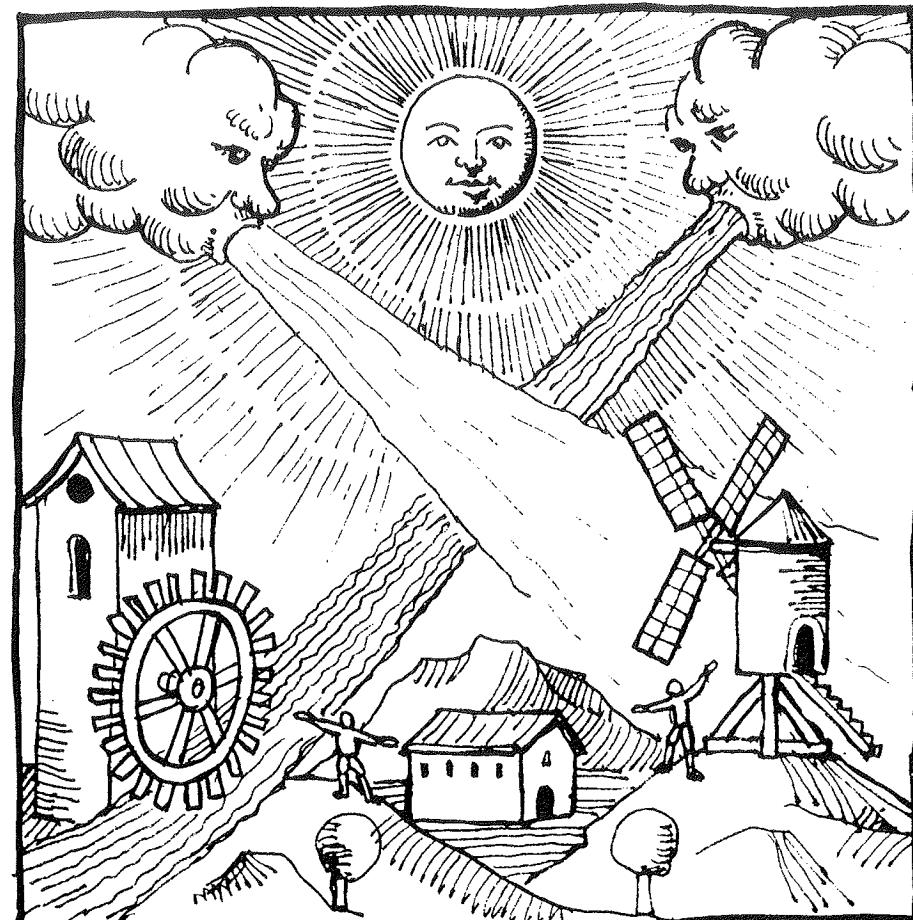
GRUP EGLOGISTA
DE TAFALLA



PAMIELA

ENERGIA HIDRAULICA Y EOLICA PRACTICA

ENERGIA HIDRAULICA Y EOLICA PRACTICA



JUAN IGNACIO Y SEBASTIAN URQUIA LUS

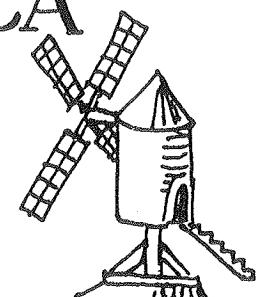
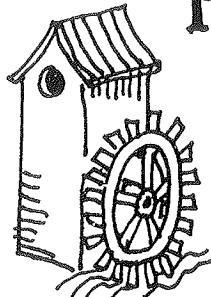
Fernan 4126813

ENERGIA

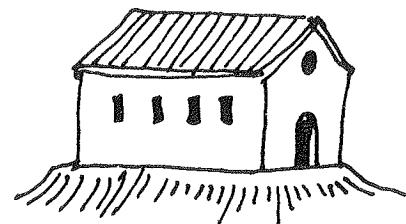
HIDRAULICA

Y

EOLICA



PRACTICA



JUAN IGNACIO

Y

SEBASTIAN URQUIA LUS

Autores, fotografías, dibujos y
maquetación:

© Juan Ignacio y Sebastián Urquía Lus
Coedición: Hnos Urquía Lus - PAMIELA

Imprime: Gráficas KARRASI Pamplona
I.S.B.N. 84-398-1029-6

Depósito Legal: Na 548/84

Contraportada: multipala montado por el
equipo LOREA de recogida selectiva de
basuras. El molino sirvió como símbolo
de la gran exposición sobre reciclaje
que se hizo en Ansoain (Navarra) en 1983.

Indice

1. INTRODUCCION

7

Energías renovables

11

2. ENERGIA HIDRAULICA

15

Energía del agua

18

Medida del caudal y desnivel

18

Tubería existente

22

Rendimiento

23

Presas

24

Elección de la máquina

25

Ruedas hidráulicas

26

Bombas centrífugas y de hélice

30

Turbina Banki

31

Turbina Pelton y Turgo

36

Ariete hidráulico

42

3. ENERGIA EOLICA	47		
Tipos de máquinas	52	Torres	131
Dimensionado del molino	55	Bombas	137
Energía del viento	59	Pozos y sondeos	144
Hélice Multipala	62		
Hélice Aerodinámica	67		
Hélice tradicional	74		
Cálculo de la multiplicación	77	Tipos de multiplicación	145
Sistemas de regulación	80	Generadores	148
Desorientación	81	Dinamos	149
Frenado de la hélice	84	Alternadores	152
Pérdida de rendimiento aerodinámico	87	Reguladores	163
Paso variable	88	Cuadro de control	167
Bujes y otras piezas de reciclaje	88	Cálculo de necesidades	170
Bajada de corriente	90	Instalación	176
Elige tu molino	93	Baterías	179
Anemómetro	94	Tablas de conversión	185
Minigenerador	96	Bibliografía	186
Multipala-magneto	98	Direcciones	189
Panémona	100	Agradecimientos	190
Rotor Savonius	102		
Multipala de bombeo	106		
Multipala-caja de cambios	112		
Eje directo	117		
Aerogenerador	119		
Aeromotor	122		
Supergenerador	127		
4. ANEXOS Y COMPLEMENTOS	145		
Tipos de multiplicación	145		
Generadores	148		
Dinamos	149		
Alternadores	152		
Reguladores	163		
Cuadro de control	167		
Cálculo de necesidades	170		
Instalación	176		
Baterías	179		
Tablas de conversión	185		
Bibliografía	186		
Direcciones	189		
Agradecimientos	190		

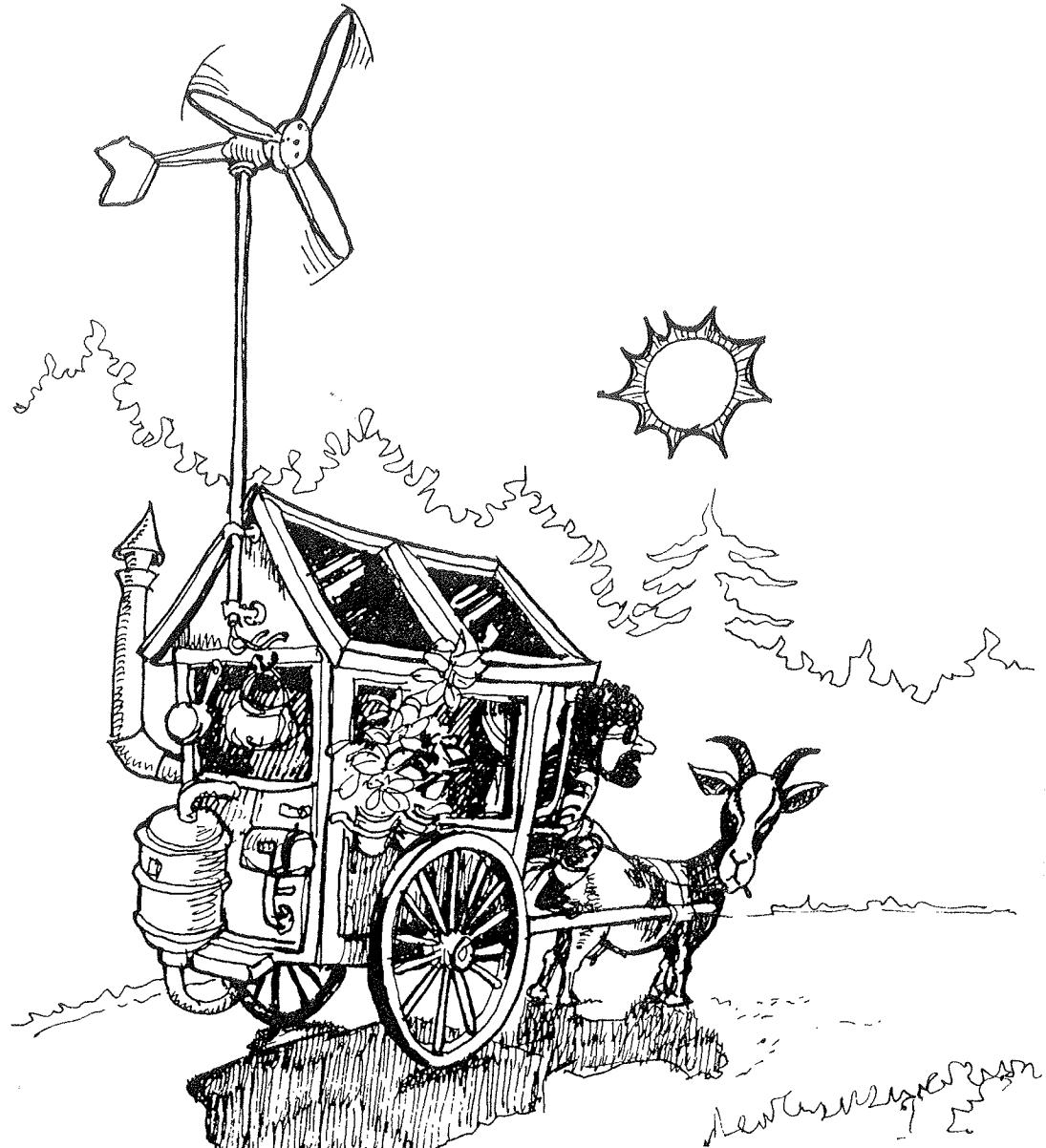
Introducción

Durante nuestros días, asistimos al renacer de las fuentes de energía renovable: eólica, hidráulica, solar, biomasa... Abandonadas por esta civilización desde la aparición del petróleo, comienzan a recobrar toda la importancia que se merecen. Estas fuerzas son las que utilizó la humanidad a lo largo de toda la historia, para cubrir sus necesidades, hasta la llegada de la "revolución industrial".

Sin embargo, la era del petróleo barato ya se acabó: el kilovatio·hora producido en los pequeños grupos electrógenos que tanto anuncian, cuesta el equivalente a un litro de gasolina.

Las energías renovables son inagotables, limpias e invitan a utilizarlas de forma descentralizada y autogestionaria. Este último punto es muy importante a destacar en nuestros días ya que han comenzado a surgir en el mundo sofisticados sistemas para aprovechar estas energías, financiadas por las grandes multinacionales de la energía, tendentes a centralizar lo que es descentralizado. Así se levantan monstruosas centrales eólicas de varios megavatios, con hélices de más de cien metros de diámetro, o campos de espejos dirigidos por una computadora que cubren varios kilómetros cuadrados y focalizan los rayos del sol sobre una caldera que permite obtener vapor para mover las turbinas y el generador de la central. Por cierto, uno de los mayores problemas técnicos de estas supercentrales es la continua limpieza de enormes superficies de espejos, y sin embargo, en las fotos, nunca salen los encargados de la limpieza!

En el fondo, todas estas iniciativas son tendentes a centralizar y seguir manteniendo el contador, el recibo, y la dependencia de la compañía eléctrica.



Si en vez de una de estas enormes plantas eólicas, hay varios miles de pequeños molinos, habremos eliminado el contador, el recibo, y habremos conseguido una autonomía mucho mayor.

Además, tal como está demostrado por la práctica, la inversión necesaria es mucho menor, la duración es mayor, y las pérdidas de energía por transporte, nulas. Por otro lado, la planta eólica, sólo podrá producir electricidad capaz de ser transportada y transformada en el lugar de consumo en energía mecánica, calorífica, o luminosa. En cambio, los pequeños molinos de viento distribuidos por toda la región, son capaces de realizar trabajos mecánicos y de calentamiento en directo, y por lo tanto, con rendimientos muy superiores.

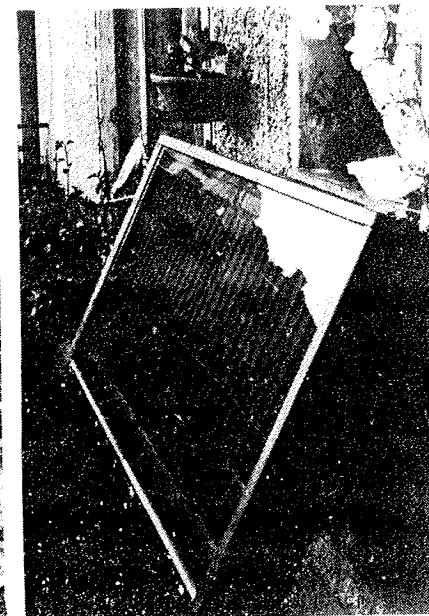
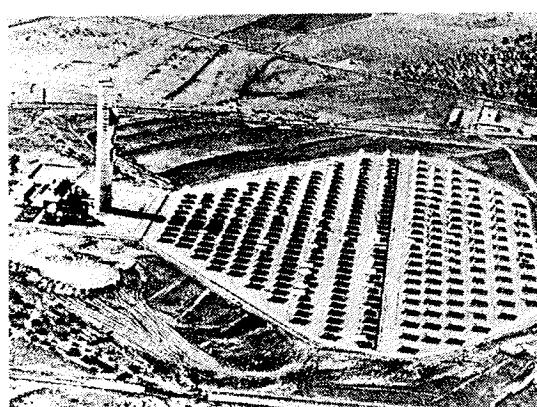
Esto mismo ocurre si utilizamos la electricidad generada en una planta solar, para calentar agua sanitaria en nuestra casa. Una pequeña placa solar puesta en el balcón, proporciona el agua caliente para nuestras necesidades con un rendimiento mucho mayor (50% frente al 5-10% del sistema central-transporte-consumo). La inversión será mucho menor en el segundo caso, la tecnología más sencilla, y la autonomía, mayor.

Por todo ello, las energías renovables deben ser las que nos conduzcan a una sociedad autosuficiente y ecológica, y no al mantenimiento del actual sistema productor-consumidor.

Además, las energías renovables, tienen la ventaja de complementarse entre sí y favorecen la integración de todas ellas. Por ejemplo, para calefacción podemos disponer de energía solar y eólica, apoyada con calefacción de leña si es necesario. La energía solar, nos suministra calor los días despejados (por lo general, con poco viento, ya que domina el anticiclón) mientras que los días fríos y ventosos dan las calorías necesarias cuando el cielo está nublado.

A PESAR DE LA SOFISTICADA TECNOLOGÍA DE LA CENTRAL SOLAR, LA PEQUEÑA PLACA EN EL BALCÓN RINDE MÁS Y NO TIENE CONTADOR

PLACA SOLAR AUTOCONSTRUIDA
CESA 1 ALMERIA

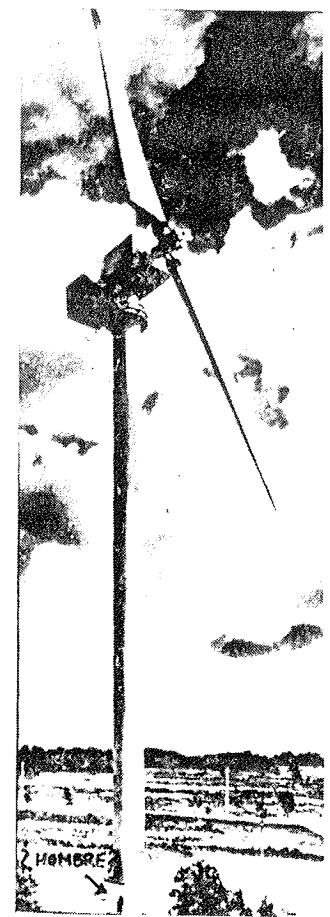


Son muchas las formas de obtener la energía del medio ambiente que nos rodea, y de integrarlas en nuestra vida. También son muchos los campos de aplicación. Existen multitud de pueblos, comunidades y caseríos sin luz eléctrica (no es negocio para la compañía eléctrica). Hay cantidad de pozos que ahora utilizan motobombas a gasolina para regar, y también hay cada día más gente que no conectamos a la línea de la compañía eléctrica para cubrir nuestras necesidades.

Es hora ya de no contribuir al desarrollo de los monopolios energéticos y la energía nuclear. Las energías renovables se pueden aprovechar con métodos sencillos, baratos, al alcance de todos.

Cualquiera con un poco de maña puede montarse la turbina hidráulica, la placa solar o el molino de viento. No se requieren muchos medios: unas pocas herramientas nos servirán para construir la mayoría de los modelos a partir de la tecnología de reciclaje.

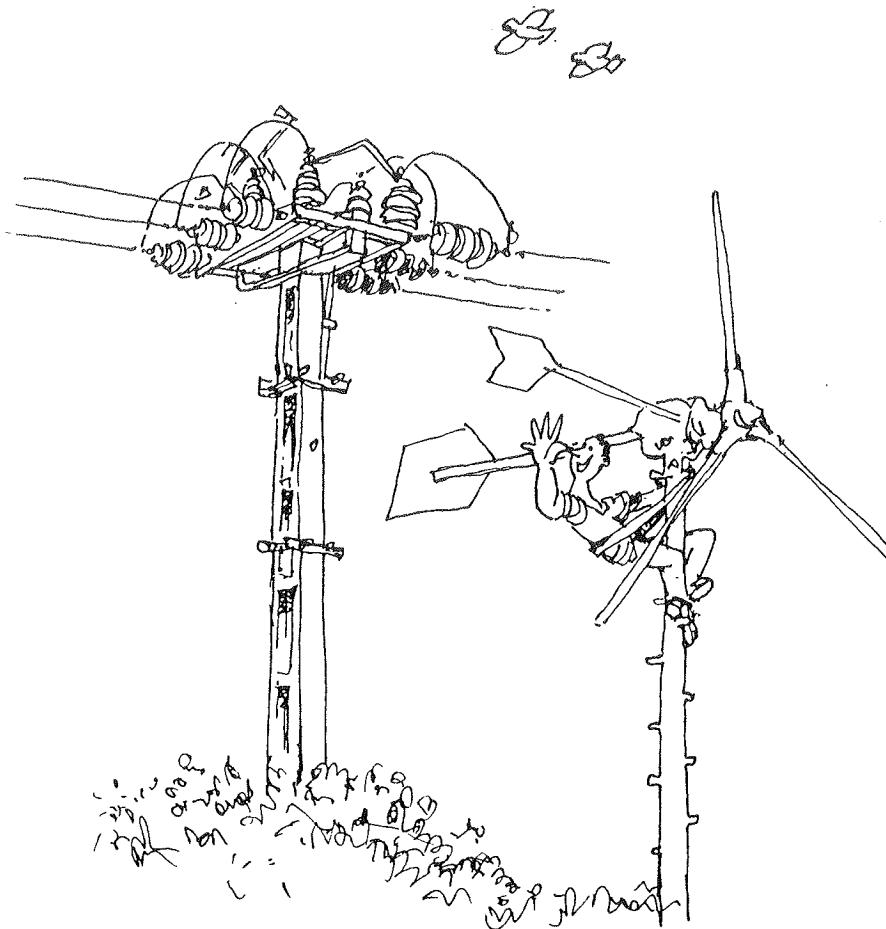
CUANDO SE QUIEREN CENTRALIZAR LAS ENERGIAS RENOVABLES SE PIERDE LA ESCALA HUMANA.
OBSERVESE EL TAMAÑO DE UNA PERSONA AL LADO DE CADA MOLINO.



Todo esto de las energías renovables ha sido rodeado de un ambiente de "energías del futuro", "por ahora no resultan rentables", "son caras"... Debemos tener en cuenta que todo esto se aplica a las supercentrales de las que hemos hablado, dados los grandes problemas técnicos que representan, y en el fondo para desprestigiarlas, y justificar así la energía nuclear.

En los aparatos a pequeñas escala, hay experiencia desde principios de siglo o anterior, y está suficientemente demostrada su eficacia y economía. Esta pequeña escala (lo pequeño es hermoso) aparece a lo largo de todo el cuaderno en los modelos propuestos y realizados.

Este cuaderno trata de ayudar al autoconstructor. Para ello, hemos incluido la información necesaria para la realización de aparatos eficientes y baratos. Las fotos corresponden en su mayoría a realizaciones de autoconstructores como tú y como yo, que cada día tratamos de hacer una sociedad más ecológica.



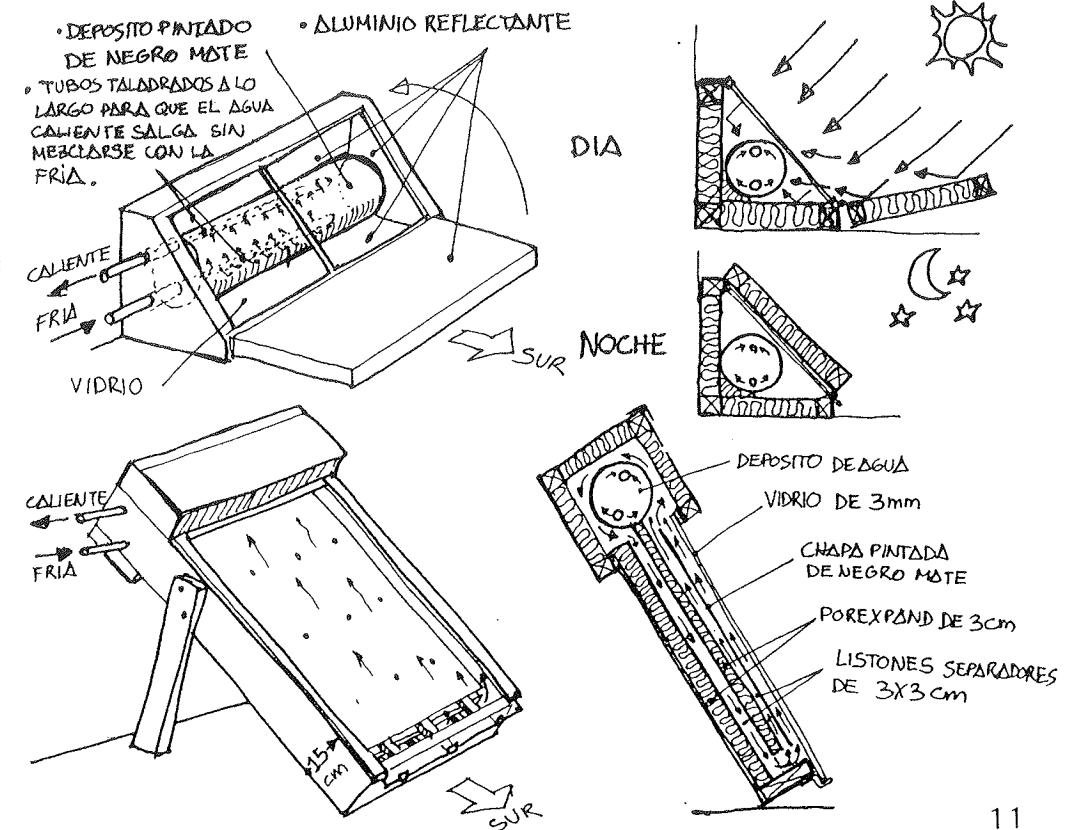
ENERGIAS RENOVABLES

Las energías renovables que pueden ser aprovechadas por nosotros de forma más directa son la solar, la del viento, la hidráulica y la biomasa.

La energía solar está suficientemente desarrollada en el campo del calentamiento de agua y calefacción, y también es abundante la bibliografía práctica para aprovecharla (V. Bibliografía).

Las células fotovoltaicas para producir electricidad con el sol se presentan como una alternativa muy atractiva, pero en el futuro, cuando se abarate suficientemente su producción, ya que hoy resultan prohibitivas por su costo monetario y energético. Por otro lado, no son autoconstruibles de ningún modo, debido a que sólo las multinacionales son capaces de hacerlas mediante sofisticados procesos de fabricación.

AGUA CALIENTE SOLAR (30-50 litros a 40°C por metro cuadrado y día)



Las plantas verdes, realizan el aprovechamiento más antiguo de la energía solar. A partir de materias como agua, anhídrido carbónico, sales minerales... las plantas elaboran materia orgánica con ayuda de la energía solar. Esta materia orgánica permite que continúe la vida sobre la Tierra; la leña, las lechugas o las nueces, son formas condensadas de la energía solar, fruto del trabajo sostenible de las plantas verdes.

Además, las plantas verdes, realizan muchas otras funciones importantes: reducen la erosión del suelo, purifican el aire, regulan el clima y evitan sequías e inundaciones...

Por ello, debemos colaborar en las labores de reforestación con especies propias de cada región, porque así colaboramos con la Naturaleza, de la que formamos parte.

La biomasa no cuenta todavía con muchas experiencias a nivel de obtención de biogás a partir de la materia orgánica en el mundo occidental. Sin embargo, en China, ya hay más de siete millones de digestores que dan gas para todos los usos. En un plazo no muy grande, puede convertirse en una buena alternativa para las poblaciones rurales. Se puede utilizar el biogás en la cocina, calefacción, iluminación y como carburante para tractores. El aprovechamiento de esta energía sólo es posible cuando se dispone de suficientes cabezas de ganado y por lo tanto, abundante materia orgánica, por lo que su aplicación está restringida a las ganaderías principalmente.

El aprovechamiento racional de la madera para cocinar y calentarse es tan antiguo como la humanidad, y sigue siendo una buena alternativa a los combustibles fósiles.

Tanto la energía hidráulica como la eólica, se han utilizado desde la antigüedad para obtener fuerza motriz y más modernamente, electricidad. Son las más accesibles, baratas y experimentadas. Ambas se aprovechan de forma eficaz con sistemas sencillos y que cualquier autoconstructor puede hacer.

La eólica y la hidráulica son las energías renovables más apropiadas para producir electricidad; también pueden utilizarse para calefacción, y para mover aparatos en directo (sierras, molinos de cereales, etc.).

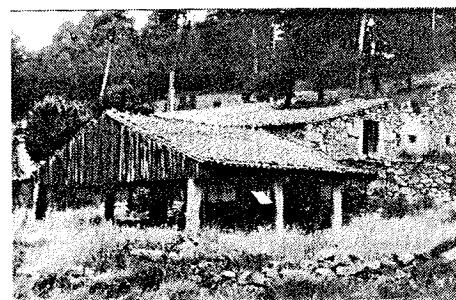


FOTO PACO

ANTIGUA SERRERIA
MOVIDA EN DIRECTO
POR UNA TURBINA
HIDRAULICA

La energía hidráulica es por excelencia la más controlable y sencilla de aprovechar. Las instalaciones resultan pequeñas y manejables y las producciones energéticas son importantes aun con aparatos de muy poca potencia, debido a que pueden funcionar en régimen continuo día y noche, cargando baterías por ejemplo.

Sin embargo, los posibles lugares para su aprovechamiento, son puntos concretos, pero abundantes de la geografía, donde el caudal o la altura del salto permite aprovechar la energía del agua.

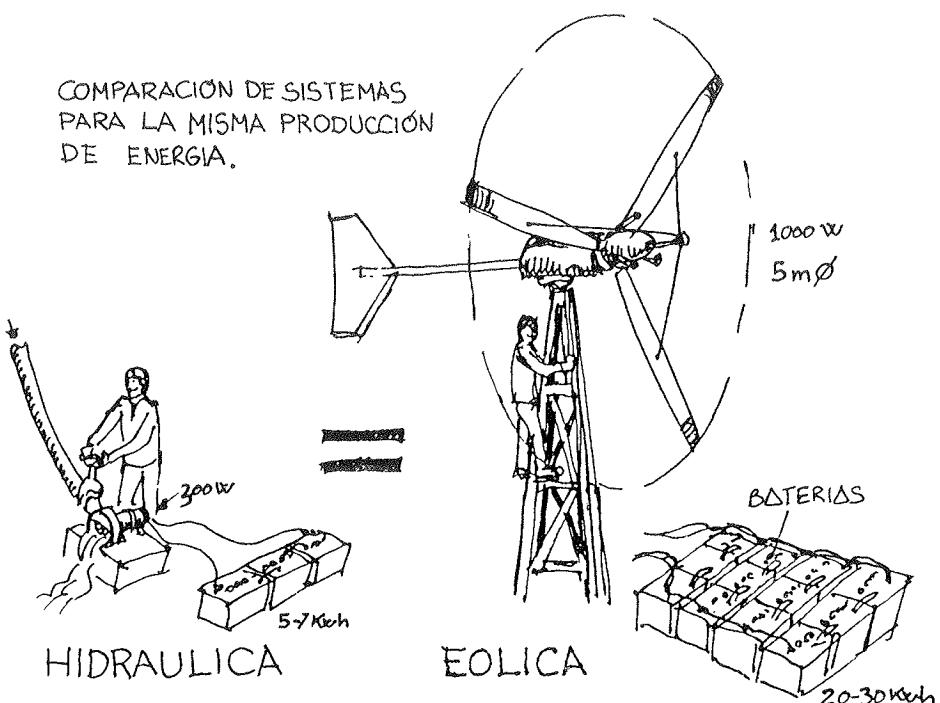
La energía eólica es imprevisible e incontrolable, y requiere máquinas más voluminosas, capaces de soportar embestidas del viento, condiciones atmosféricas adversas, etc. La reserva de energía para los días de calma, resulta mucho más cara que en las instalaciones hidráulicas. En contrapartida, cuenta con la enorme ventaja de existir en mayor o menor grado sobre toda la superficie de la Tierra.

Tanto la energía hidráulica como la eólica, se adaptan bastante bien a las necesidades energéticas según la época del año. Los caudales de agua y la velocidad de los vientos, son mayores en invierno que es cuando más se necesita (iluminación, calefacción). En verano, el día es más largo y se necesita menos energía.

La energía hidráulica puede llegar a fallar por completo durante el estiaje, por secarse el arroyo, y puede complementarse con un pequeño molino de viento que supla las necesidades veraniegas cuando no hay agua.

Por todo ello, y como resumen, debe mirarse primero la posibilidad hidráulica, por ser más sencilla, barata y controlable que la posibilidad de colocar un molino de viento.

Por ejemplo, para producir 6 a 8 Kw.h al día, basta una pequeña turbina hidráulica de unos 300 w que se puede llevar debajo del brazo y requerirá una reserva de energía de sólo 5 a 7 Kw.h. Si utilizamos el viento, necesitaremos una hélice de unos cinco metros de diámetro acoplada a un generador de 1000 w y una reserva de energía de 20 Kw.h como mínimo.



2

Energía hidráulica

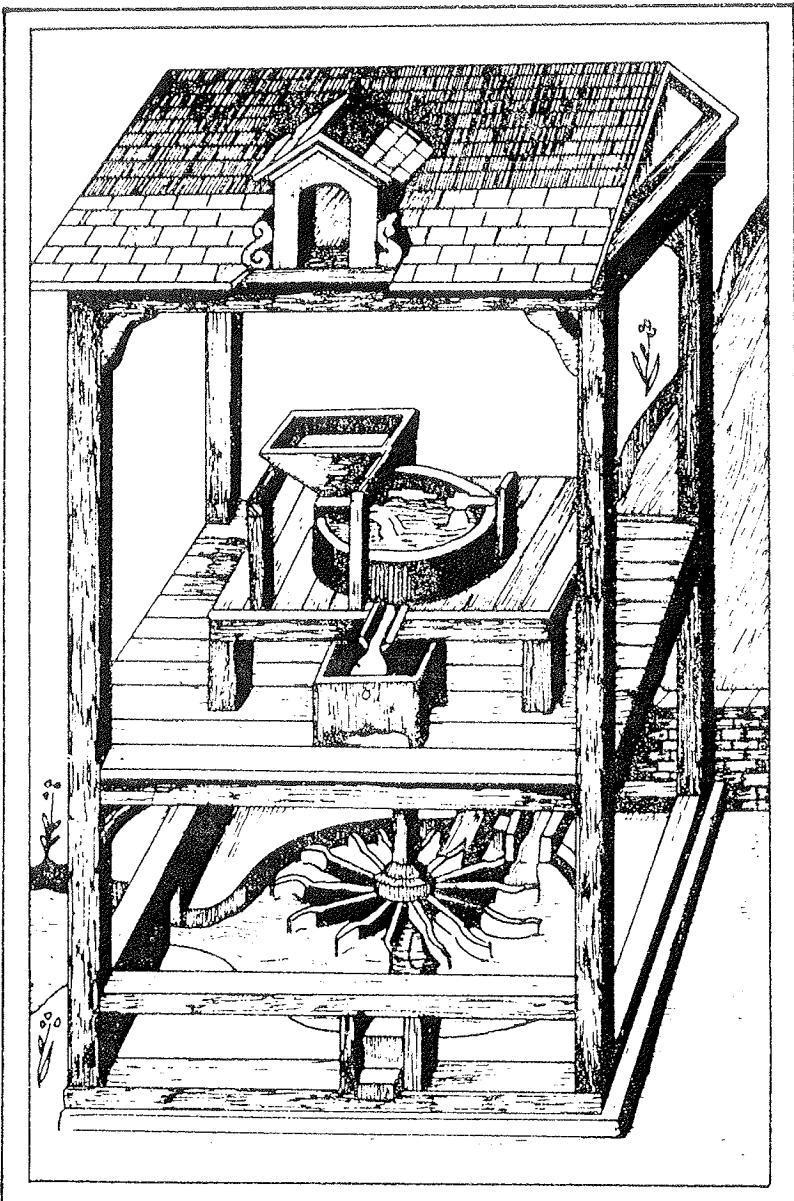
Si nos hemos decidido por aprovechar la energía hidráulica de la corriente de agua que pasa junto a nuestras tierras, debemos medir primero el caudal y el salto realizable (sin excesivos gastos), tal como indicaremos.

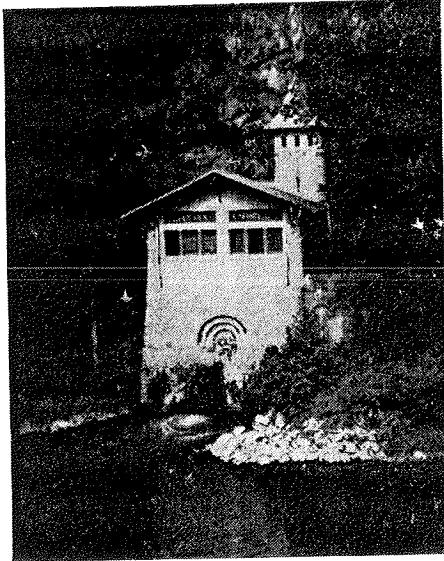
Después debemos estudiar la viabilidad de construir una pequeña represa que nos sirva para tomar desde ahí el agua y poder así embalsar una cierta cantidad. Hay que asegurarse de que las alteraciones llevadas a cabo no dañen la vida silvestre, los peces de tu región, o impidan el uso normal del agua por otras personas corriente abajo. Por otro lado, es posible que necesites un permiso de la autoridad para la construcción de la represa.

Una vez que todo esto está claro y es viable, buscaremos los componentes de la central; la turbina, el generador, las válvulas...

Lo primero que se debe mirar es la posibilidad de reutilizar alguna vieja central abandonada. Por lo general, serán centrales de potencia media, adecuadas para pequeñas comunidades. Son aparatos hechos a principios de siglo, pero que bien cuidados pueden seguir funcionando con toda regularidad. Estaban hechas para durar toda la vida; hoy podemos ver instalaciones montadas hace 80 años, en funcionamiento, y que siguen como el primer día. Se pueden buscar en el Pirineo, donde hubo multitud de pequeñas centrales que abastecían a los pueblos de electricidad casi gratuita. Después, estas centrales fueron absorbidas por las grandes compañías para cerrarlas definitivamente a continuación y venderles luego la energía generada en la supercentral a buen precio.

La central que volvamos a poner en funcionamiento, debe ser adecuada para nuestras condiciones de caudal y salto porque de lo contrario, no conseguiremos nada.



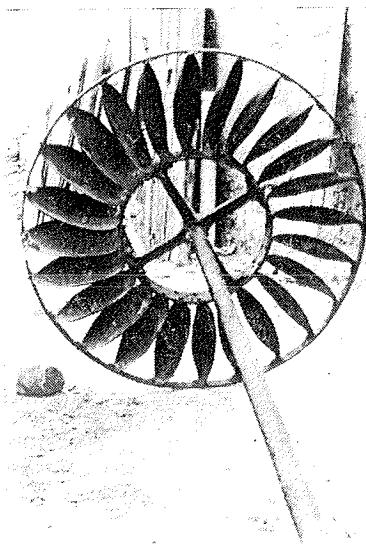


LAS VIEJAS CENTRALES DE PRINCIPIOS DE SIGLO PUEDEN Y DEBEN RECUPERARSE. LA MAYORIA ESTAN EN BUENAS CONDICIONES.

La alternativa de construirse la microcentral es también muy atractiva, pero debe basarse en algunos principios generales.

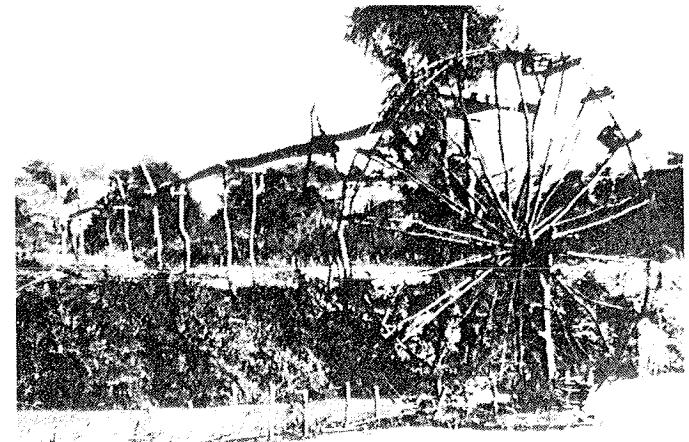
Las condiciones de trabajo de una central son constantes y controladas, pero funcionará durante un número de horas muy grande (posiblemente durante todo el año sin descanso). Por eso, las cajas de engranajes que se empleen, y los generadores deben ser de servicio pesado. Esto lleva consigo el hecho de que funcionen a poca velocidad y den su potencia nominal a menos de 1500 rpm. Los generadores de vehículos en general, resultarán de baja calidad y la reposición de escobillas de estos se hará posiblemente cada tres o seis meses. Los mejores de estos generadores son las dinamos antiguas tetrapolares (cuatro bobinas en el estator). Los generadores marinos son de mejor calidad y están hechos para una duración mayor y un servicio más duro. Los alternadores de imanes permanentes resultan muy adecuados y son capaces de aguantar un servicio muy prolongado (v. generadores). Los motores de inducción trifásicos, convertidos en generadores asincronos por acoplamiento de condensadores (v. generadores) son especialmente adecuados para producir corriente alterna de 110 ó 220 voltios. Hay varias empresas dedicadas a la fabricación de microcentrales hidráulicas que utilizan estos generadores.

La turbina o la rueda que aprovecha la energía del agua debe ser lo más eficiente posible ya que por lo general, la cantidad de agua disponible es limitada y se trata de sacarle el máximo provecho. Para evitar la corrosión de las partes metálicas, embrearemos todas las superficies que estén en contacto con el agua.



ANTIGUA TURBINA DE EJE VERTICAL DESMONTADO. CON POCO ESFUERZO PUEDE PONERSE A FUNCIONAR.

CUANDO EL AGUA ES ABUNDANTE NO ES NECESARIO ESFORZARSE PARA QUE LA RUEDA SEA MUY EFICIENTE. A PESAR DE LA APARIENCIA, TAN RUSTICA, RIEGA MUCHA TIERRA.



En energía hidráulica a muy pequeña escala, interesa generar y consumir corriente continua, y por lo tanto, disponer de una instalación con baterías. El empleo de corriente alterna requiere reguladores en la turbina que mantengan la velocidad muy constante para mantener la frecuencia.

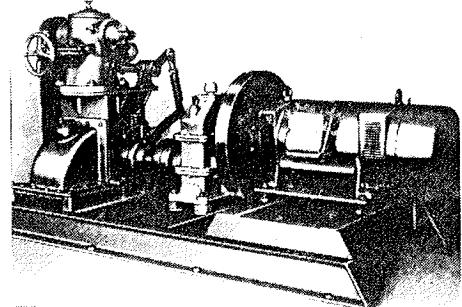
Si se produce electricidad en corriente alterna, se debe regular el caudal de agua (la corriente alterna no puede almacenarse). La regulación del caudal y dispositivos de cierre para mantener constante el voltaje y la frecuencia, resulta muy costosa. En el caso de pequeñas centrales puede costar más que todo el resto del equipo.

Por otro lado, la potencia del generador, deberá cubrir nuestras necesidades en las horas de mayor consumo y estará gran parte del día generando muy por debajo de sus posibilidades, y desaprovechando mucho caudal.

Por estas y otras razones, en las pequeñas microcentrales hidráulicas es mucho más sencillo, barato y productivo generar electricidad en corriente continua, capaz de cargar baterías todo el día. De esta forma, con una central de muy poca potencia, podemos obtener cantidades de energía muy considerables. Con 200 w en turbina, podemos tener casi 5 Kw·h al día; más que suficiente para cualquier casa. Las baterías nos permiten consumos punta muy importantes (3000w y más) sin ningún problema. La turbina no necesita regulador alguno y resulta mucho más sencilla de construir; basta un ajuste inicial del caudal y revoluciones.

GRUPO TURBINA-ALTERNADOR CON REGULADOR DE VELOCIDAD QUE ACTUA SOBRE EL CAUDAL QUE ENTRA A LA TURBINA. EL REGULADOR ES SIEMPRE UN MECANISMO MUY SOFISTICADO Y CARO.

(TURBINAS OSSBERGER ALEMANIA)



ENERGIA DEL AGUA

La potencia, en watos que puede darnos un arroyo es

$$P = 10 \cdot Q \cdot H$$

Donde Q es el caudal en litros/segundo y H la altura del salto, en metros.

Por lo tanto, para conocer la potencia disponible del salto, deberemos conocer su caudal y su altura.

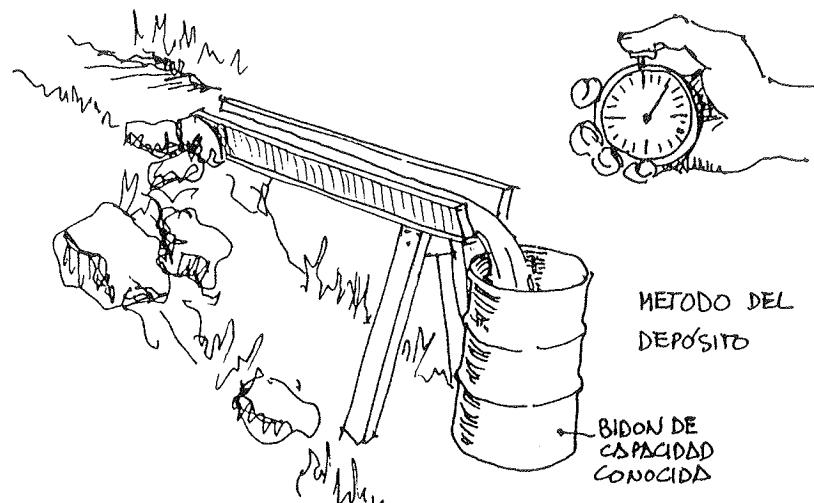
MEDIDA DEL CAUDAL

Realizaremos esta medida durante el estiaje para calcular todo de acuerdo con los mínimos caudales disponibles.

método del depósito

Para arroyos pequeños, con menos de 20 litros/s, podemos canalizar el agua a través de un tubo o canaleta y verterla en un depósito de capacidad conocida, por ejemplo, un bidón de aceite.

$$\text{Caudal (litros/s)} = \frac{\text{volumen del depósito (litros)}}{\text{tiempo de llenado (segundos)}}$$



método del vertedero

Para arroyos medianos con más de 20 litros/s, se puede utilizar el método del vertedero, que consiste en hacer pasar el agua a través de un vertedero hecho de madera:

Se llenan con arcilla las juntas de las tablas, y su unión con la orilla del arroyo para evitar fugas. La abertura tiene que tener los cortes en forma sesgada, con los bordes agudos del lado de la corriente arriba. Se colocan dos tablas como indica la figura y se mide la altura H de sobreflujo. El caudal se determina con la tabla 1, cuyos datos corresponden a una anchura de vertedero (A) de un metro.

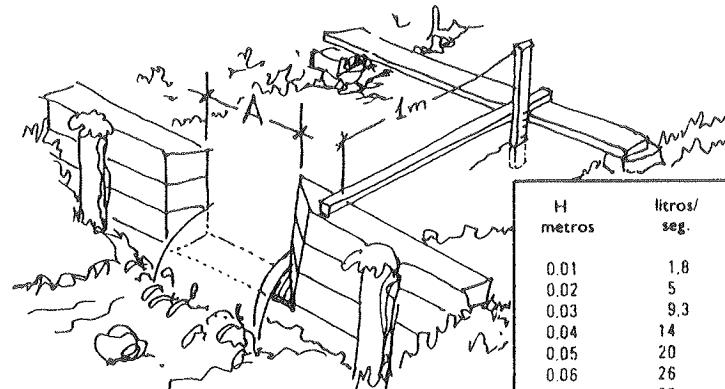
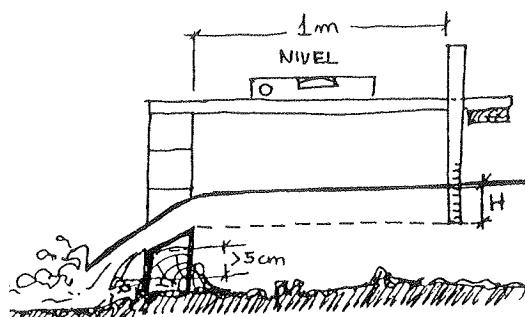


TABLA 1

METODO DEL VERTEDERO



H metros	litros/ seg.	H metros	litros/ seg.
0.01	1.8	0.40	448
0.02	5	0.41	455
0.03	9.3	0.42	482
0.04	14	0.43	500
0.05	20	0.44	517
0.06	26	0.45	535
0.07	33	0.46	553
0.08	40	0.47	571
0.09	48.6	0.48	589
0.1	56	0.49	608
0.11	65	0.50	828
0.12	74	0.52	864
0.13	83	0.54	703
0.14	93	0.56	742
0.15	103	0.58	783
0.16	113	0.60	823
0.17	124	0.62	885
0.18	135	0.64	907
0.19	147	0.66	950
0.20	158	0.68	994
0.21	170	0.70	1038
0.22	183	0.72	1082
0.23	195	0.74	1128
0.24	208	0.76	1174
0.25	221	0.78	1221
0.26	235	0.80	1268
0.27	249	0.82	1316
0.28	263	0.84	1364
0.29	277	0.86	1413
0.30	291	0.88	1463
0.31	308	0.90	1513
0.32	321	0.92	1563
0.33	338	0.95	1640
0.34	351	0.98	1718
0.35	367	1.00	1774
0.36	383	1.25	2418
0.37	399	1.50	3225
0.38	415	1.75	4101
0.39	432	2.00	5011

método del flotador

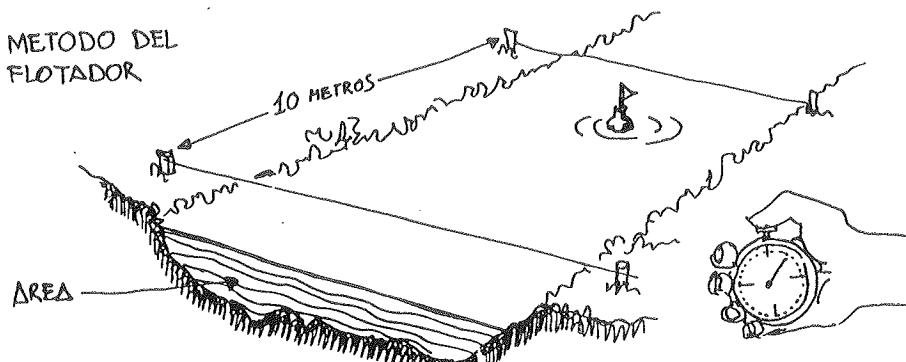
Para ríos, acequias canalizadas y corrientes con poca velocidad y gran caudal, se puede utilizar este sencillo método: se colocan dos cordeles separados una distancia de 10 metros, se echa un flotador en el centro del río algo más arriba del primer cordel, y se mide el tiempo t (seg.) que le cuesta pasar entre los cordeles.

$$Q(1/s) = 7500 \frac{A}{t}$$

A: sección del cauce en m^2

La fórmula lleva un coeficiente de corrección de 0,75 debido a que la velocidad junto a la orilla y fondo es menor que en el centro del cauce.

METODO DEL FLOTADOR



MEDIDA DEL SALTO

Se puede hacer con un nivel de agrimensor, en cuyo caso, quien lo tenga, sabrá manejarlo.

También se puede utilizar un nivel de carpintero, una tabla derecha y una escala. Se pone la tabla horizontal en cada medida y así obtenemos la caída total.

La canalización del agua hasta la turbina se hace por acequias o canales y tuberías. Ambas causan pérdidas de carga por rozamiento que se traducen en un salto real menor sobre la turbina. Por esto, tanto canales como tuberías, se deben dimensionar para que estas pérdidas sean mínimas, siempre que no encarezcan excesivamente la instalación.

Los canales o acequias más normales son de hormigón en los que la velocidad de circulación normal es de 1,5 m/s y la pendiente del 1 %.

En el caso de utilizar tuberías, cuanto más lisa es la superficie interior del tubo, menores serán las pérdidas de la caída inicial. Los tubos de plástico (PVC), son los más adecuados para las instalaciones hidráulicas ya que presentan muy pocas pérdidas, y un costo no muy grande. Las pérdidas por rozamiento en tubos de plástico, son las que se indican en la tabla 2.

El tubo de canalización, debe estar dimensionado para que las pérdidas por rozamiento sean inferiores al 5% del salto total disponible. Para esto, debes consultar la Tabla 2.

En pequeñas caídas, se manejan caudales de agua mayores y los conductores se deberán dimensionar para que el agua vaya a menos de 1 m/s en la alimentación y 0,5 m/s en la evacuación.

TABLA 2.

PERDIDAS DE CARGA POR ROZAMIENTO EN TUBOS DE PLASTICO (PVC) DATOS EN METROS DE COLUMNÁ DE AGUA PARA 100 METROS DE TUBO

DIÁMETRO mm PULGADAS	CAUDAL EN LITROS/SEGUNDO																				
	0'05	0'1	0'2	0'4	0'6	0'8	1	1'2	1'4	1'6	1'8	2	2'2	2'4	2'6	2'8	3	4			
18 $\frac{1}{2}''$	0'7	2'3	8	26																	
20 $\frac{3}{4}''$	0'24	0'82	2'65	9'3	18'5	31'2															
26 1"	0'07	0'20	0'8	2'65	5'95	9	13'3	18	24												
35 $\frac{1}{4}''$	0'015	0'06	0'49	0'65	1'3	2'18	3'2	4'45	5'8	7'2	9	10'9	12'5	15'1	17	19'5	22				
41 $\frac{1}{2}''$		0'02	0'09	0'31	0'62	1'03	1'5	2'1	2'7	3'4	4'25	5'15	6	7'1	8'15	9'3	10'5	17			
52 2"			0'03	0'1	0'2	0'33	0'49	0'65	0'85	1'1	1'35	1'65	1'95	2'29	2'64	3	3'35	5'6			
mm PULGADAS	CAUDAL EN LITROS/SEGUNDO																				
	2'6	2'8	3	3'5	4	5	7	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	80			
68 $2\frac{1}{2}''$	0'73	0'84	0'94	1'2	1'56	2'3	6'4	7'75	15'8												
80 3"	0'34	0'39	0'44	0'57	0'7	1'08	4'45	3'58	7'3	12	19										
105 4"	0'09	0'10	0'12	0'15	0'2	0'29	0'94	0'99	2'02	3'3	5'3	6'8	8'9	11'2							
125 5"	0'04	0'45	0'05	0'06	0'08	0'125	0'23	0'43	0'88	1'45	2'3	2'45	3'83	4'9	7'25	9'75	14'5				
150 6"	0'015	0'015	0'02	0'025	0'025	0'05	0'695	0'18	0'37	0'6	0'95	1'24	1'6	2'06	3'05	4'19	5'3	7'6			
200 8"										0'015	0'045	0'095	0'15	0'2	0'31	0'41	0'5	0'78	1'07	1'2	1'9

LAS TUBERIAS DE ACERO TIENEN EL DOBLE DE PERDIDAS EN LAS MISMAS CONDICIONES

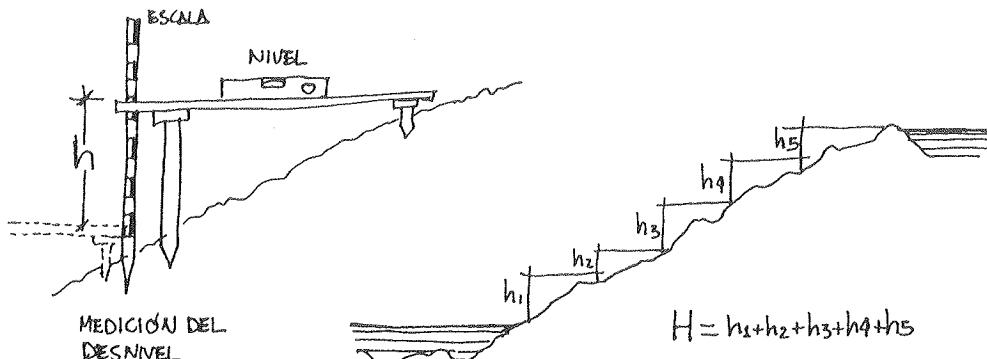
Se deben evitar cambios bruscos de dirección, instalando curvas y no codos. También se deben evitar las llaves de asiento por producir fuertes pérdidas de carga. Las llaves deben ser de tajadera, de bola o de mariposa, para que abiertas, no produzcan pérdidas de presión. Las llaves de bola y de mariposa, son de cierre rápido. Debemos tener cuidado de cerrarlas suavemente ya que un cierre brusco produce un golpe de ariete (ver "ariete hidráulico") que en caídas medianas-grandes puede reventar la tubería.

La altura útil sobre la turbina será la que resulta de restar las pérdidas por rozamiento a la altura total:

$$\text{Altura útil} = H_u = H - h$$

H: altura total (metros)

h: altura perdida por rozamiento en el tubo (metros de columna de agua).



TUBERIA EXISTENTE

Cuando ya se dispone de una conducción de agua hecha (para usos domésticos u otros) o el agua del grifo es gratuita y queremos saber las posibilidades de aprovechar el salto para usos hidráulicos, operamos del siguiente modo:

- Medimos la presión, con un manómetro, sin consumir agua (el agua del tubo detenida). Así conocemos la altura del salto; cada atmósfera de presión equivale a 10 metros de desnivel.

- Medimos el caudal que suministra el tubo a chorro libre (con todos los grifos abiertos) según el tiempo que tarda en llenar un recipiente (método del depósito).

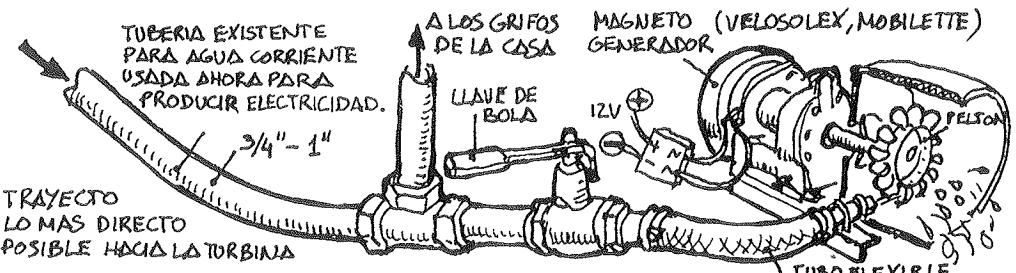
El caudal de máximo rendimiento es la mitad del que sale a chorro libre, y la caída útil que le corresponde es 0,65 del total (por las pérdidas de carga).

Por ejemplo, si la presión son 4 atmósferas (40 metros de salto), y el caudal a chorro libre son 0,3 litros/s, obtendremos la máxima potencia del salto consumo 0,15 litros/s con un salto útil de $0,65 \cdot 40 = 26$ metros.

Por lo tanto, la potencia bruta de que disponemos es:

$$10 \cdot 0,15 \cdot 26 = 39 \text{ watos}$$

Con una turbina-generador (ver Pelton-magneto de moto), con un rendimiento del 50%, tendremos unos 20 w útiles para cargar baterías, es decir, casi medio kilovatio-hora al día, suficientes para iluminación.



RENDIMIENTO

La potencia que obtendríamos con una máquina que rinda un 100% sería

$$P = 10 \cdot Q \cdot H_u$$

Siendo Q el caudal en litros/s y H_u la altura útil del salto. Los rendimientos de los diferentes componentes de la instalación, nos determinarán el rendimiento de la microcentral.

Así, cada etapa de correas tiene un rendimiento del 96%, las cajas de multiplicación de engranajes un 95%, un buen generador, 80% y la turbina o rueda hidráulica, entre 60 y 85%.

Por esto, una pequeña central con turbina (0,75), una etapa de poleas (0,96) y generador (0,7), tendrá un rendimiento total de:

$$0,75 \cdot 0,96 \cdot 0,7 = 0,50 \text{ es decir, } 50\%$$

Por lo tanto, de la potencia inicial, nos quedamos con el 50% que serán los watos disponibles reales.

Un fallo en el que se suele caer es el de transformar toda la energía mecánica en energía eléctrica, para volverla a convertir después mediante motores o resistencias en energía mecánica o calorífica.

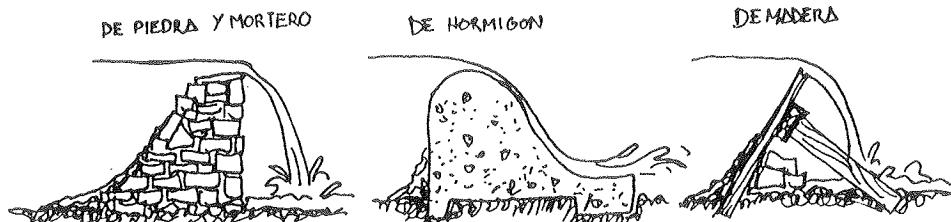
El rendimiento será mucho mayor y la instalación resultará mucho más sencilla y económica si acoplamos directamente el molino de grano, la bomba, la sierra, el martillo pilón o las paletas dentro de un cilindro en aceite para obtener calor. Esto es generalizable tanto a ruedas hidráulicas, turbinas, o aeromotores.

PRESAS

Es la parte de la instalación que generalmente requiere permisos oficiales, aunque para aplicaciones a pequeña escala, no se necesita que sean voluminosas ni caras.

Para la mayoría de las aplicaciones, bastará con un pequeño reten de poca altura (0,5 a 1,5 m), que nos sirva para encauzar el agua por una acequia hasta la central. Hay que intentar aprovechar represas naturales, existentes para regadíos, o de antiguos molinos.

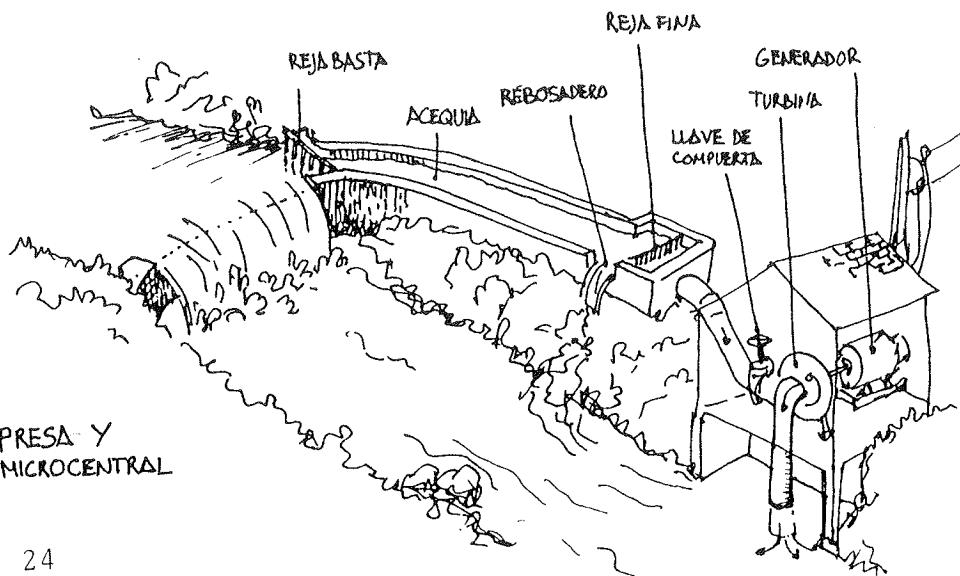
Se puede hacer también la represa con piedras y mortero, con hormigón o simplemente con maderas y tablas de alamo.



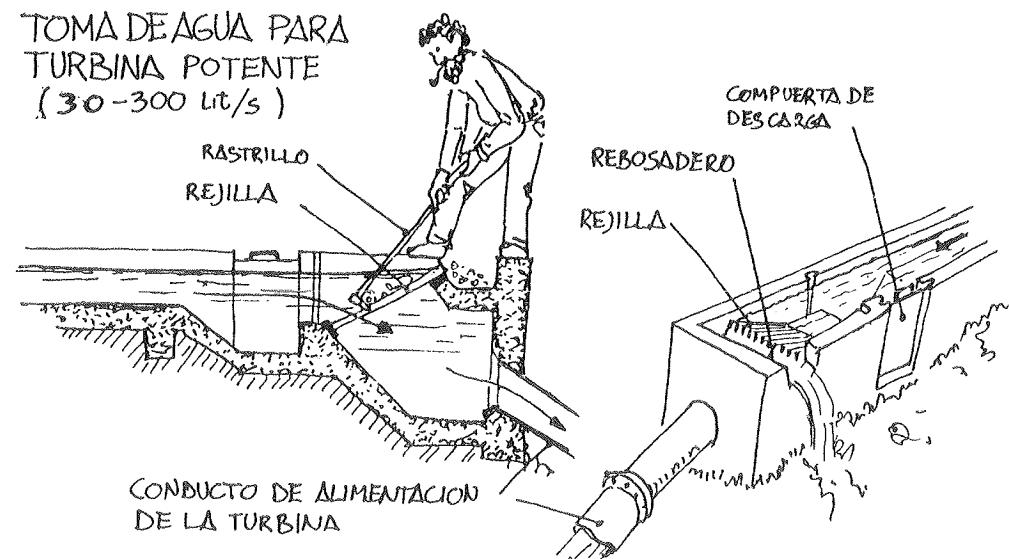
TIPOS DE PRESAS

Donde va la toma de agua para la turbina, debemos colocar una reja fina (o una red galvanizada cuando se trata de pequeños caudales), para impedir la entrada de basura, hojas, etc., que pudieran atascar el tubo. Debemos limpiar periódicamente la reja con un rastillo adecuado a las ranuras de la misma. Este será prácticamente el único mantenimiento necesario en la microcentral. Cuando se utilizan ruedas hidráulicas, sólo se debe impedir el paso de maderas y ramas pues las hojas importan poco.

Ante todo, no hay que alterar la vida normal de la fauna del río y si la presa tuviera cierta altura hay que colocar rampas para truchas y salmones. En tal caso, se necesita asesoramiento técnico para su construcción.



TOMA DE AGUA PARA TURBINA POTENTE (30-300 lit/s)

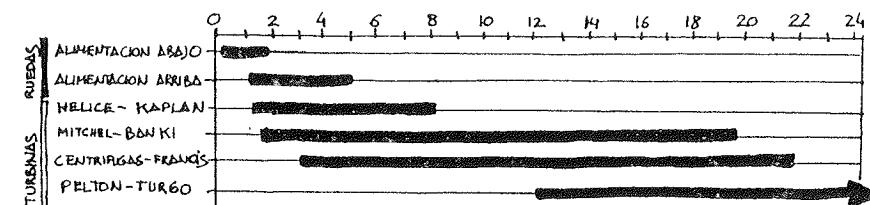


ELECCION DE LA MAQUINA

Una vez determinada la altura realizable y el caudal disponible, debemos elegir la rueda o turbina que más se adapte a nuestras necesidades. La elección vendrá determinada fundamentalmente por la altura del salto. Para ello debemos consultar la gráfica 1 que indica los saltos recomendables para cada tipo de máquina. Además, según nuestros requerimientos energéticos, variará el caudal necesario y el tamaño de la microcentral.

A continuación se describen los diferentes tipos de ruedas y turbinas y la forma en que podemos hacerles trabajar para nosotros. Con una pequeña inversión y un mantenimiento ligero, podemos obtener energía gratuita y limpia del arroyo que pasa junto a nuestra casa.

GRAFICA 1. ALTURAS DE SALTO RECOMENDABLES (METROS)



RUEDAS HIDRAULICAS

El uso de las ruedas hidráulicas se remonta a los primeros tiempos de la humanidad y su sencillez y buen funcionamiento, las siguen haciendo perfectamente útiles en nuestros días. Son más económicas que las turbinas y perfectamente válidas para instalaciones de hasta 10 Kw. Las ruedas hidráulicas se adaptan a variaciones importantes de caudal, y no admiten regulación de velocidad. Funcionan entre 8 y 30 rpm por lo que son aptas para trabajos que requieren pocas revoluciones. Para generar, necesitan acoplarse a una buena caja de multiplicar revoluciones, como la caja de un tractor en instalaciones potentes, o de coche en las más sencillas.

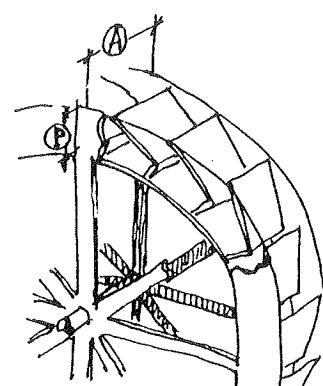
Por su diseño resistente, requieren menos cuidados que las turbinas. Se limpian por sí solas, y no es necesario protegerlas de hojas y basura.

RUEDAS DE ALIMENTACION SUPERIOR

Se pueden utilizar para caídas entre 1,5 y 5 metros, y caudales entre 10 y 600 litros/s. El agua se encauza por un canalón a una velocidad de 1 m/s que al llegar a la rueda aumenta a 2 ó 3 m/s. La anchura de la rueda depende de la cantidad de agua a utilizar, pero debe sobrepasar a la del canalón en 15 a 30 cm, para que no escape el agua por fuera. La eficiencia de estas ruedas es del 60 al 80%. Las medidas más normales de diámetros, anchura y número de cangilones aparecen en la tabla 3.

RUEDAS HIDRAULICAS CON ALIMENTACION SUPERIOR TABLA 3.

DIAMETRO RUEDA (METROS)	1'2	1'8	2'4	4'8
NUMERO DE CABOLETAS	10	14	16	32
MAXIMA R.P.M.	30	20	15	8
MAXIMA POTENCIA ELECTRICA (KW)	0'5	1'4	2'5	10
CAUDAL MAXIMO (LT/SEG)	80	150	200	405
ANCHURA RUEDA (A) (METROS)	0'45	0'6	0'75	1'4
PROFUNDIDAD DE CABOLETA (B) (METR)	0'15	0'2	0'2	0'25



Aunque las ruedas pueden funcionar con caudales inferiores al máximo, para diferentes potencias, obtendremos diferentes anchuras y caudales. Así, si queremos sacar 5Kw de una rueda de 4,8 m Ø, dividimos por dos la anchura de la rueda y el caudal de la rueda de 10 Kw y tenemos todos los datos suficientes para construirla.

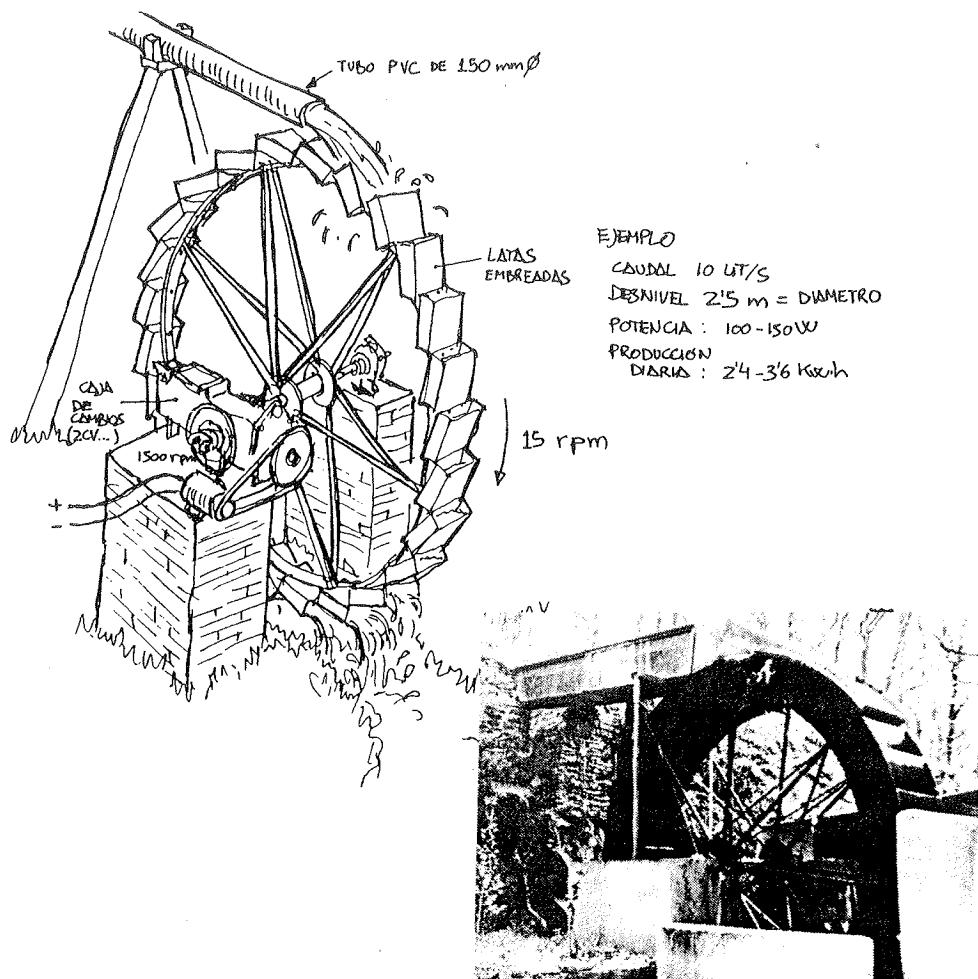
La rueda hidráulica girará a una velocidad tal que la potencia extraída se equilibre con la suministrada por el agua, de forma que si le pedimos mucho par, irá más despacio y llenará los cangilones más, haciendo que el par aumente y siga funcionando.

modelo pequeño

Podemos hacerla de modo sencillo con latas cuadradas de aceite o de otro tipo, según el caudal, montadas en una circunferencia del diámetro necesario para salvar el desnivel.

Si se desea generar electricidad, montamos la rueda sobre el palier, buje y caja de cambios de coche (la de 2CV multiplica x 25), para obtener las revoluciones necesarias de forma fiable y con pocas pérdidas. La caja de cambios debe tener bloqueados los satélites. Si no sabéis bloquear los satélites, consultad con un amigo mecánico y os sacará de dudas. También podeis seguir las instrucciones que se dan en "Aeromotor" que son válidas para todos los grupos diferenciales.

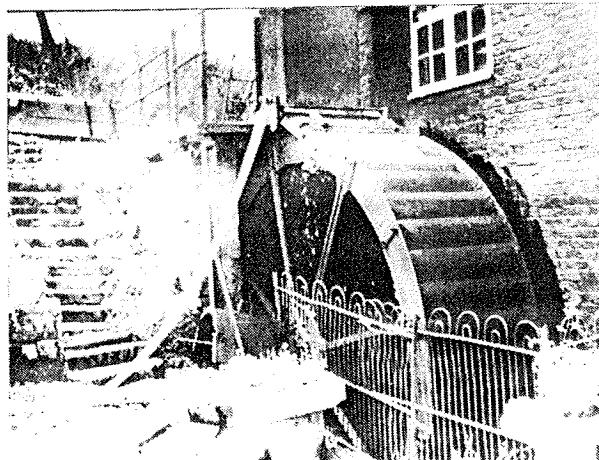
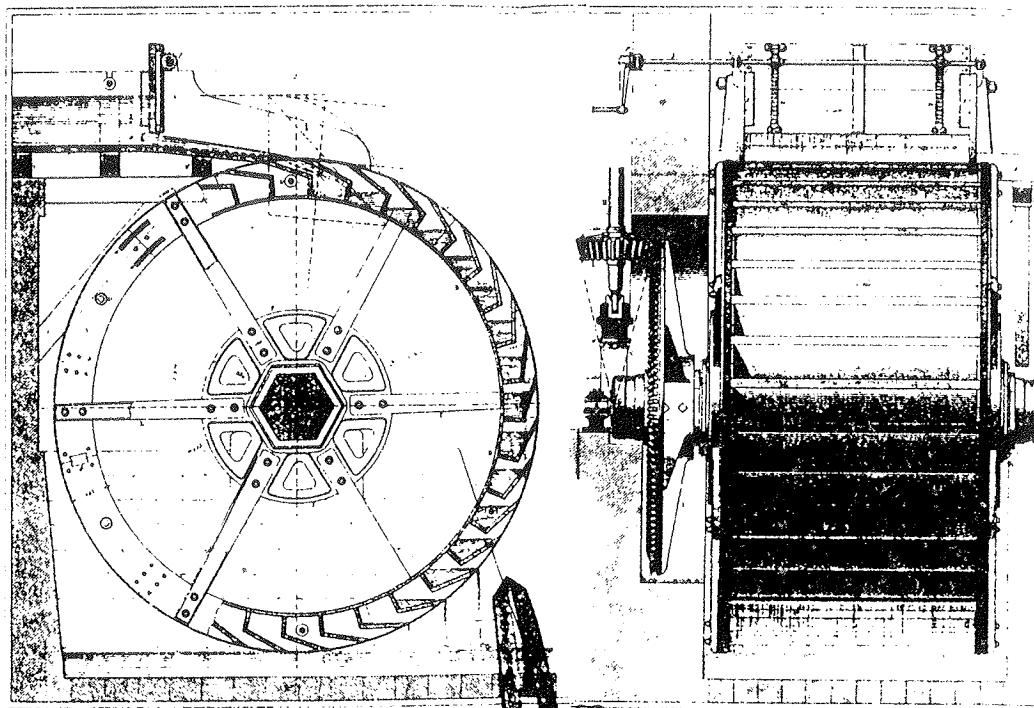
Esta rueda tendrá una potencia de 100 a 400 w, es decir, una producción de 2,4 a 9,6 Kw·hora al día, más que suficiente para abastecer a una vivienda de electricidad para todas las aplicaciones menos calefacción.



modelo grande

Para potencias más importantes, se necesitan caudales mayores y diámetros superiores a 3 m.

Debemos hacer una rueda con chapa soldada y embreada, o bien con fibra de vidrio. La forma de los cangilones es como se indica en los dibujos. La rueda debe montarse sobre un eje muy sólido. Si queremos producir corriente eléctrica, utilizaremos la caja de cambios de un tractor (x 100) para obtener las revoluciones necesarias para generar.



DESPUES DE 80 AÑOS SIN PARAR ESTA VIEJA RUEDA DE 4'2 m \varnothing PRODUCE 9 Kw. GIRA A RAZON DE 8 RPM Y POR MEDIO DE VARIAS ETAPAS DE CORREAS Y UNA CAJA DE ENGRANAJES CONSIGUE SUBIR A LAS 1500 RPM QUE REQUIERE EL ALTERNADOR.

RUEDAS DE ALIMENTACION INFERIOR

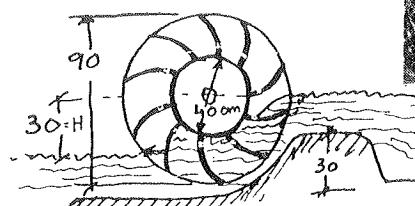
Se emplean en ríos o arroyos caudalosos pero con poco desnivel. También pueden introducirse en la acequia de regadío, siempre que por poner la rueda no se sobre la acequia (con las consiguientes protestas de los vecinos).

Las caídas de trabajo normales son de 20 cm a 1,5 m. El diámetro de la rueda será tres o cuatro veces la caída y la velocidad de giro de 2 a 20 rpm, siendo las más rápidas las de menor diámetro (la velocidad en la periferia es de 1 a 1,5 m/s).

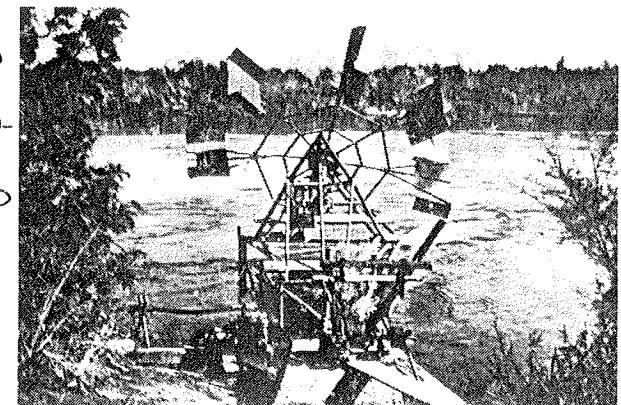
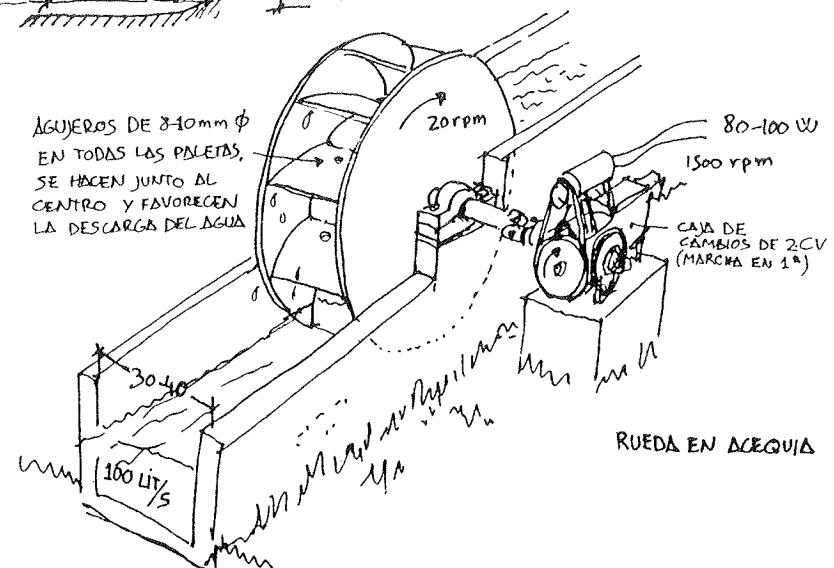
Para cada 30 cm de anchura de la rueda, el caudal debe ser de 100 a 300 l/s. La rueda se introduce en el agua de 30 a 90 cm y la eficiencia es del 60 al 65%.

La rueda se puede hacer con chapa soldada de 5 mm. Si se desea generar corriente eléctrica, se hace como en las de alimentación superior.

CUANDO LA VELOCIDAD DEL RÍO SEA MAYOR DE 1 m/s PUEDE INTRODUCIRSE LA RUEDA EN EL AGUA SIN NECESIDAD DE REPRESAS



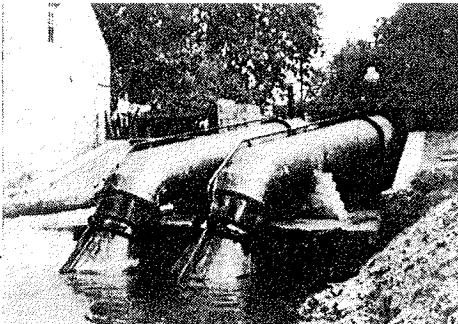
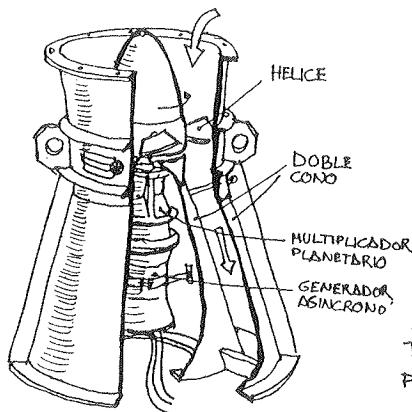
AGUJEROS DE 8-10mm \varnothing
EN TODAS LAS PALETAS,
SE HACEN JUNTO AL
CENTRO Y FAVORECEN
LA DESCARGA DEL AGUA



BOMBAS → TURBINAS

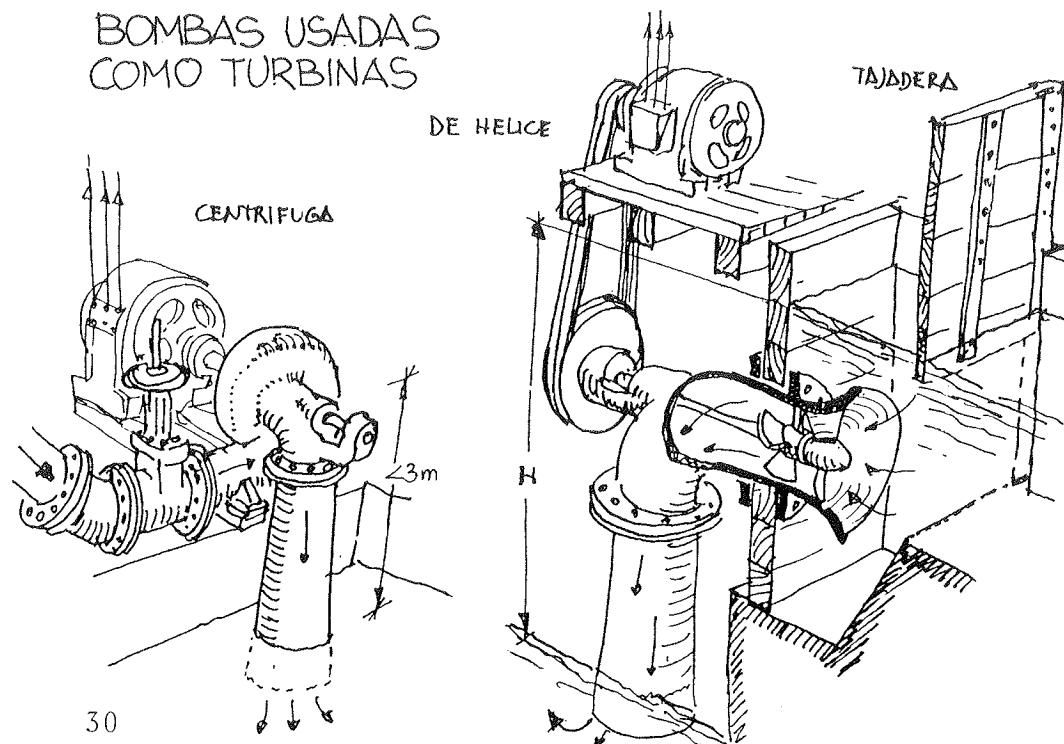
El empleo de bombas centrífugas o de hélice se debe estudiar antes que todas las demás alternativas. Las bombas de hélice son válidas para caídas de 1 a 10 m y las centrífugas, de 3 a 20 metros.

Aunque funcionan como turbinas y no como bombas, se utilizan sin problemas. Las centrífugas se comportan como turbinas Francis, y las de hélice como Kaplan, pero con menores rendimientos. Nunca se deben colocar de forma que el tubo de descarga cubra un desnivel mayor de 3 m, porque se puede producir cavitación en el rodamiento y se estropea la turbina.



TURBINAS DE HELICE COMERCIALES
FABRICADAS POR LEROY-SOMER, FRANCIA

BOMBAS USADAS COMO TURBINAS

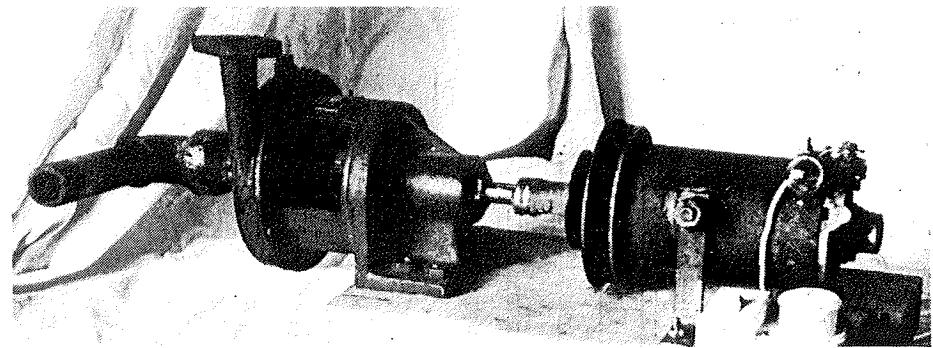


Las turbinas de hélice, pueden hacerse a partir de viejas hélices de barco metidas en un tubo por el que circula el agua. La velocidad de rotación se verá en la práctica en cada caso concreto.

Los caudales van en relación con el tamaño de la bomba-turbina y también se deben comprobar en la práctica.

De todos modos, y como dato orientativo, la bomba utilizada como turbina dará la mitad de potencia para el mismo desnivel y caudal. Es decir, si una bomba necesita 1.000 w para subir 10 l/s a 7 m de altura, con 10 l/s y 7 m de desnivel, dará una potencia de unos 500 w como turbina.

Un grupo motor trifásico-bomba, puede convertirse directamente en turbina-generador, simplemente acoplando condensadores al motor (ver "generadores asincrónicos").



EN LA MAYORIA DE SALTOS MEDIOS, USAR BOMBAS COMO TURBINAS ES LA SOLUCION MAS BARATA Y SENCILLA.

TURBINA BANKI

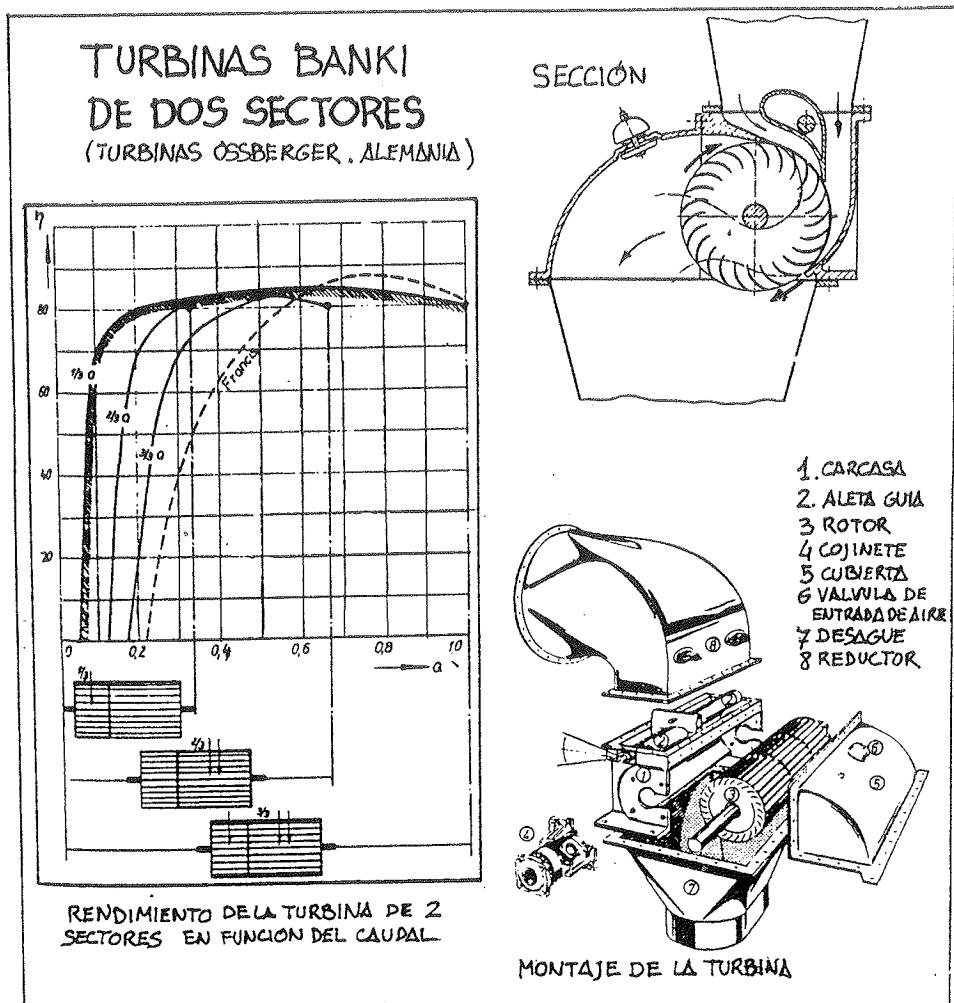
También llamada de impulsión radial o Mitchell. Es una turbina muy buena para caudales y caídas medios. Admite caudales de 10 a 5.000 l/s y trabaja con caídas de 1 a 200 m, aunque a nivel de microcentral, no se suele pasar de 30 m por las dimensiones tan reducidas que resultan en el rodamiento.

La turbina banki es relativamente sencilla de construir y una de las más apropiadas para pequeños generadores eléctricos. consta de dos partes principales: el rotor y el boquerel. Ambas piezas se hacen con láminas de acero soldada y requieren cierto fresado por lo que cualquier taller mecánico agrícola puede hacerlas.

El chorro (lámina) de agua, sale con fuerza del boquerel y actúa sobre los álabes del rotor, pasa por dentro, y vuelve a actuar para salir ya al exterior. El rendimiento de esta turbina oscila entre el 65 y 80%.

Los diferentes saltos y diámetros del rotor dan diferentes velocidades de rotación. Si se expresa la altura del salto H en metros y el diámetro del rotor D en centímetros, la velocidad de rotación de la turbina, en rpm es:

$$\text{rpm} = 4.300 \frac{\sqrt{H}}{D}$$



El diseño que proponemos, tiene 30 cm de diámetro exterior, y resulta adecuado para la mayoría de saltos. La velocidad de giro de este rodamiento oscilará entre 200 a 700 rpm según el desnivel del salto. Podemos hacer la multiplicación para el generador con una caja de cambios de coche ($\times 5$, $\times 7$), o bien con correas trapezoidales en una sola etapa.

El caudal determinará la anchura de la turbina y del boquerel con las siguientes fórmulas:

$$\text{anchura del boquerel (en cm)}: B_1 = 2,23 \frac{Q}{d \sqrt{H}}$$

$$\text{anchura del rotor (en cm)}: B_2 = B_1 + 2 \text{ cm}$$

donde d es la abertura del boquerel (en cm)
 Q es el caudal en 1/s
 H es el desnivel del salto (en metros)

La distancia d , suele ser la décima parte del diámetro D del rotor, o sea que para el rotor de 30 cm \varnothing , corresponde una abertura de boquerel de 3 cm.

La anchura del rotor puede ir desde 4 cm hasta 50 cm, por lo que esta turbina se adapta a gran variedad de caudales y potencias.

Una forma de mejorar el rendimiento de la turbina consiste en hacer un rotor y un boquerel con dos sectores independientes que dividan la anchura en 1/3 y 2/3 respectivamente. De este modo, podemos sacar el máximo rendimiento energético del agua tanto en invierno (máximo caudal), como en verano (mínimo caudal).

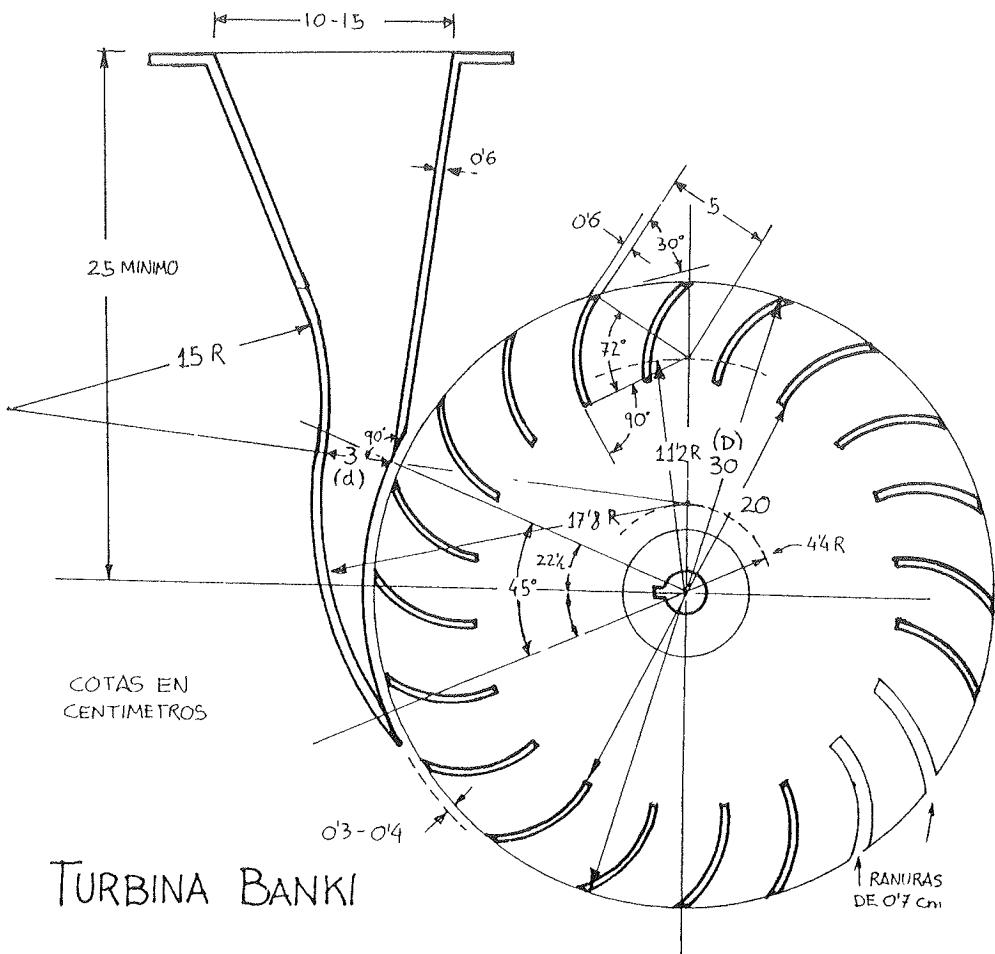
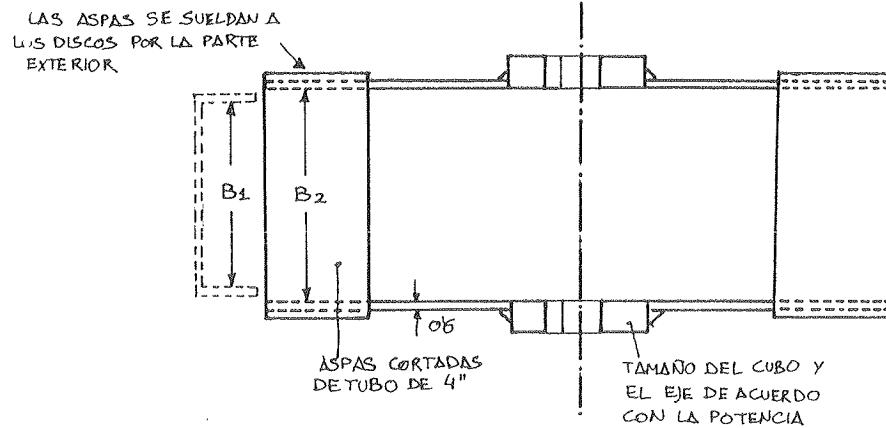
SALTO METROS	2	4	6	8	10	15	20
Y RPM	202	285	351	405	453	550	640
CAUDAL Q LIT/SEC	19	27	33	38'5	43	52	60
POTENCIA (70%) KW	0'26	0'75	1'4	2'16	3	5'5	8'5

TURBINA BANKI
 $D = 30 \text{ cm}$
 $d = 3 \text{ cm}$
 $B_1 = 10 \text{ cm}$
 $B_2 = 12 \text{ cm}$

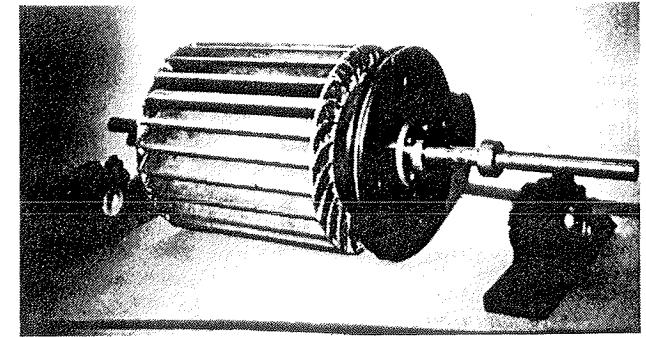
TABLA 4

En la tabla 4 puedes ver las prestaciones de esta turbina con diámetro de rotor 30 cm y 10 cm de anchura de boquerel. Variando la anchura del boquerel y del rotor, puedes lograr la potencia que te interesa. Así, si tienes 2 m de desnivel y necesitas unos 1000 w (1 Kw), tendrás que poner una anchura de boquerel de 40 cm y el consumo de agua será entonces $19.4 = 76 \text{ l/s}$. La velocidad de giro será la misma: 202 rpm.

El rotor consiste en dos placas laterales, cada una de ellas de 6 mm de espesor, con cubos de refuerzo para el eje unidos mediante soldadura. El rotor lleva soldadas de 20 a 24 álabes de 6 mm de espesor. Estos álabes se obtienen a partir de tubo de hierro de 4 pulgadas (10 cm \varnothing), cortado longitudinalmente en cuatro. Cada átalo es un segmento circular de unos 72° .



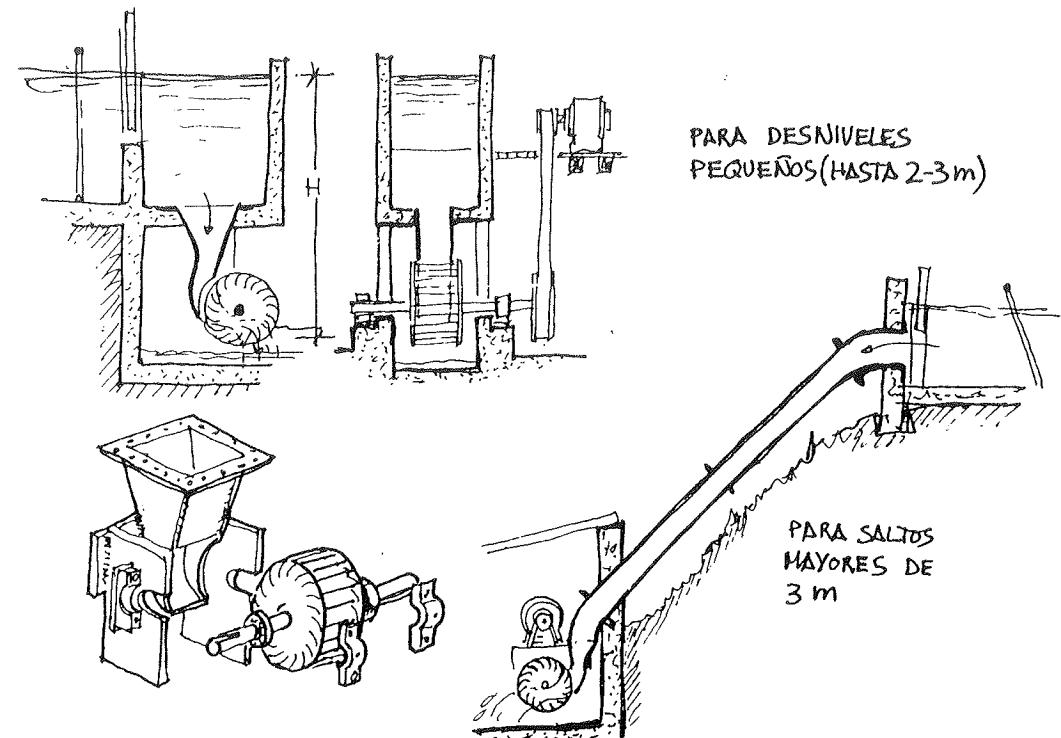
ROTOR DE UNA TURBINA BANKI AUTOCONSTRUIDA CON LA POLEA Y LOS COJINETES.



El dibujo muestra el diseño del rotor y el boquerel que también se hace con chapa de 6 mm. Las dimensiones pueden modificarse proporcionalmente para turbinas de otros tamaños.

Esta turbina admite diversos montajes y en cada instalación se debe hacer el más apropiado. Puedes ver los dos montajes más frecuentes en los dibujos.

MONTAJES CON TURBINA BANKI



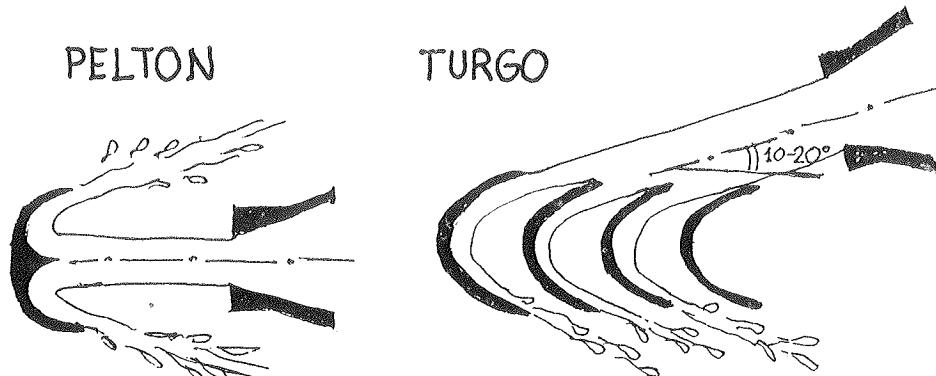
TURBINA PELTON Y TURGO

Son turbinas de mucha potencia en relación con su tamaño. Se utilizan en saltos medios a grandes (de 12 a 300 m) y requieren caudales pequeños (0,1 a 50 l/s). La potencia puede ir desde 10 w hasta cientos de kilowatios. Pueden acoplarse al agua del grifo si esta es barata o gratuita.

Su funcionamiento se basa en proyectar uno o varios chorros de agua sobre los álabes de la turbina para producir el movimiento. Estas turbinas alcanzan grandes velocidades (500 a 3.000 rpm) que permiten acoplarlas directamente al generador sin necesidad de multiplicadores. Por esto las instalaciones resultan sencillas, reducidas, duraderas y económicas.

El tubo de bajada de agua (a veces largo), debe calcularse para tener unas pérdidas pequeñas, con la tabla 2.

La diferencia entre la turbina Pelton y la Turgo radica en la forma en que incide el chorro sobre los álabes. En la rueda Pelton incide frontalmente a la cazoleta, dividiéndose el chorro en dos, y en la rueda Turgo, el chorro se lanza lateralmente al rodetes.



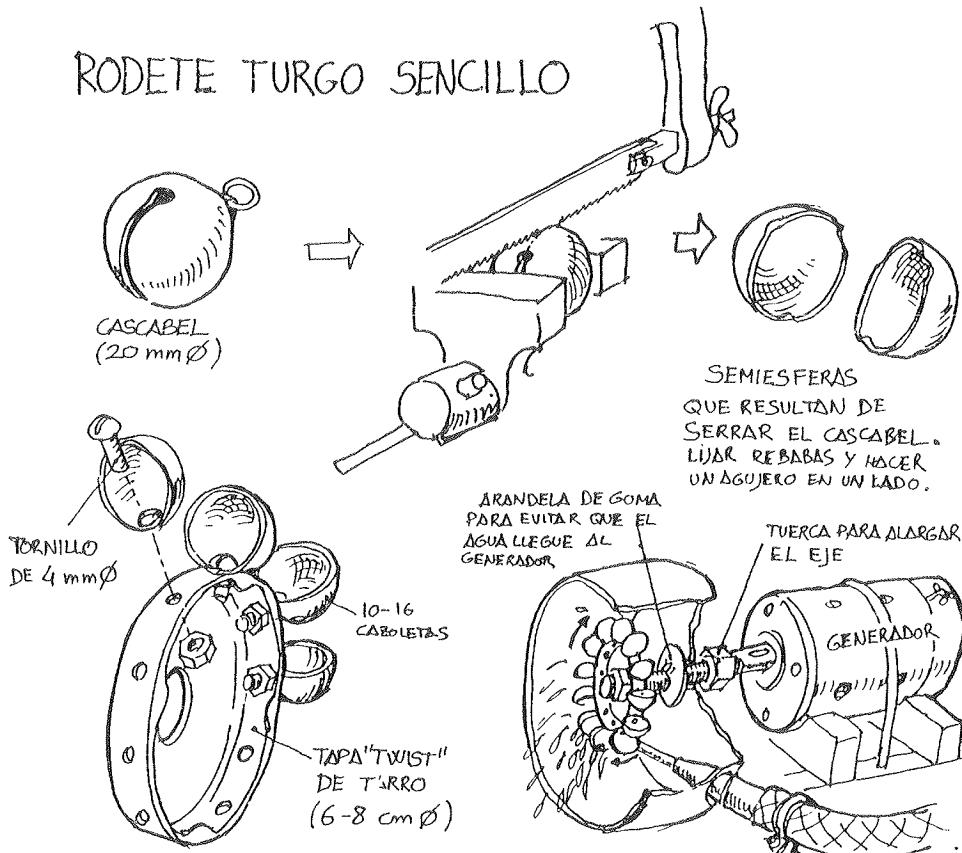
La rueda Pelton admite chorros menores que la Turgo, por lo que está más indicada para pequeños caudales. La rueda Pelton, admite un diámetro de chorro de hasta 1/8 del diámetro del rodetes, mientras que la Turgo, admite hasta 1/4 del diámetro del rodetes. Por esto, para un mismo chorro, el rodetes Turgo, puede tener la mitad de diámetro que el Pelton, y por ello, el rodetes Turgo girará a doble velocidad que el Pelton y requerirá menos multiplicación, o ninguna.

Para calcular la velocidad de rotación de los dos rodetes se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$\text{rpm} = 4.300 \frac{\sqrt{H}}{D}$$

H es el desnivel del salto en metros.
D es el diámetro del rodetes en centímetros.

RODETE TURGO SENCILLO



Así mismo, el diámetro del chorro se hallará con la fórmula:

$$d = 16,8 \sqrt{\frac{Q}{H}}$$

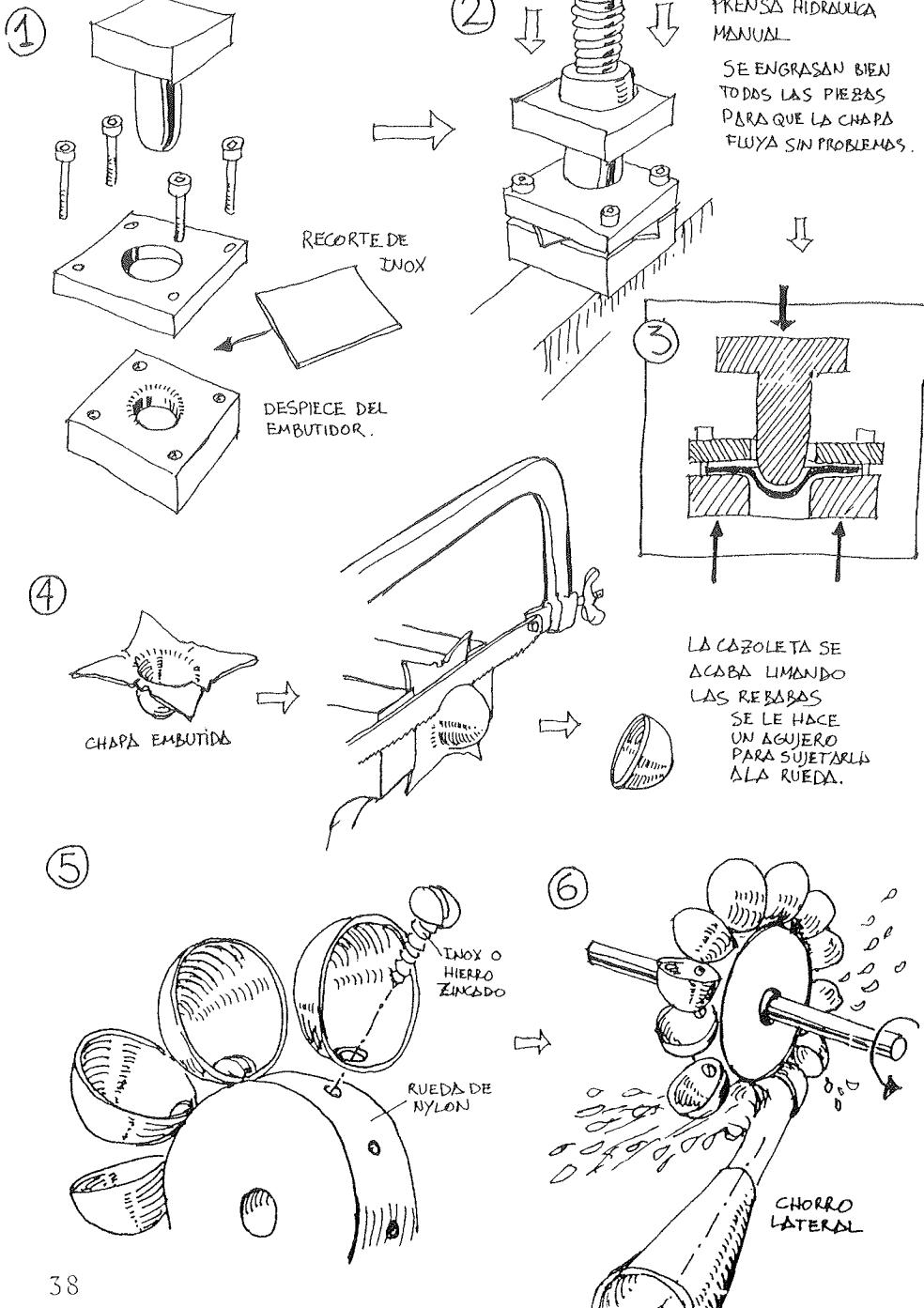
Donde d es el diámetro del chorro en milímetros
Q es el caudal en litros/s
H es el desnivel en metros.

El rendimiento de ambas turbinas es muy bueno y está alrededor del 80% incluso con caudales bastante variables.

El diseño de rodetes que proponemos, es más Turgo que Pelton por la razón comentada de que admite caudales mayores. Para caudales pequeños (0,15 a 0,5 l/s), hemos comprobado que funciona mejor el ataque Pelton, aunque en teoría el rodetes sea Turgo. Para caudales mayores, va mejor el ataque lateral del Turgo más eficaz y silencioso. El rendimiento real del rodetes es muy bueno: 75 a 80% (tanto Pelton como Turgo).

CONSTRUCCIÓN DEL RODETE TURGO

(O PELTON)

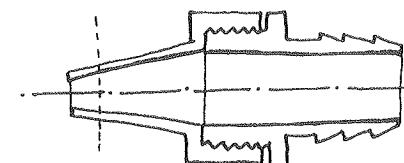


Los álabes son semiesferas hechas por embutición en chapa de acero inoxidable de 1 mm. Puedes ver el sistema de construcción en el dibujo . Cada álate debe tener un diámetro vez y media el diámetro del chorro como mínimo.

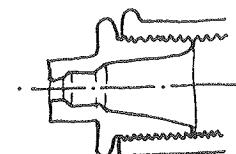
Los álabes (normalmente 12), se soportan en una rueda de nylon con tornillos inoxidables de chapa.

Otro método muy sencillo y barato de construir el rodet, para pequeñas potencias (hasta 200 - 300 w), es usar cascabeles de 20 mm Ø serrados por la mitad para obtener semiesferas. Estos medios cascabeles se sujetan con tornillos de 4 mm Ø (a poder ser, de latón o inoxidable) sobre el canto de una tapa "twist" de tarro. El rendimiento es igualmente bueno (70%) y al ser los cascabeles de latón, es seguro que no se oxidarán. Debe ebrearse la tapa y los tornillos. Este rodet admite chorros de hasta 10 mm Ø.

El chorro puede ser uno sencillo de lanza de manguera vulgar, de plástico y sin regulaciones del chorro. También puedes hacerlo taladrando un tapón de fontanería sucesivamente con diámetros menores. En las lanzas de plástico, se consigue el diámetro adecuado cortando de largura el cono de la lanza.



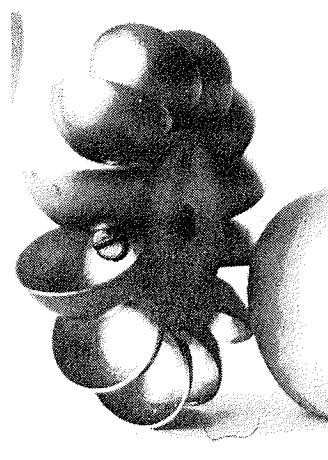
LANZA DE REGAR



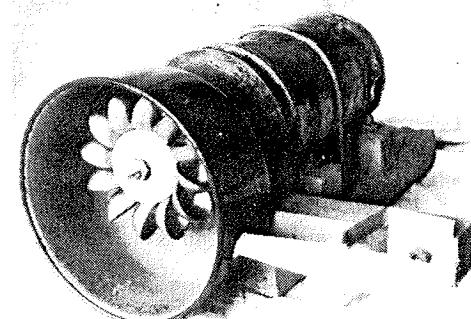
TAPON DE FONTANERIA TALADRADO

Este chorro, se colocará en posición Turgo o Pelton (conviene hacer pruebas en los dos tipos), y pondremos alguna lata o perola como cubierta alrededor del rodet para evitar las abundantes salpicaduras.

Una vez montado todo, realizaremos pruebas variando el ataque del chorro hasta lograr la máxima velocidad, potencia y mejor sonido.

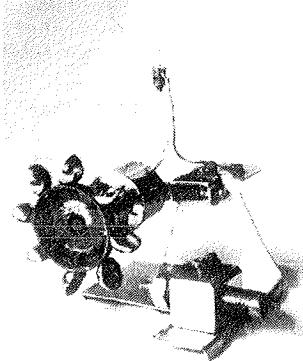


RODETE DE 8 CM Ø SUELTO Y ACOPLADO A LA DINAMO. ESTA TURBINA DE 200W ABASTECE EL CONSUMO DE UNA PEQUEÑA COMUNIDAD DE NAVARRA.





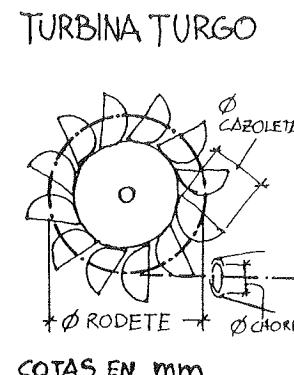
MINIGENERADOR
PELTON HECHO
CON UNA DINAMO
DE BICICLETA Y
CASCABELES. ES
UN BUEN EJERCICIO
PARA ESCUELAS
Y PUEDE CUBRIR
LOS PEQUEÑOS
CONSUMOS DE
UNA CASA DE
FIN DE SEMANA.



Pueden colocarse hasta tres chorros simétricamente dispuestos sobre el mismo rodete, obteniendo así más energía de la turbina sin necesidad de ampliar el rodete. Lo más normal es que baste con un solo chorro, y de menor diámetro que el máximo admisible.

En la tabla 5 indicamos las dimensiones recomendables de tres rodetes, con las revoluciones que dan según desniveles y máxima potencia, con un chorro de agua del diámetro máximo (máximo caudal por chorro). La potencia está calculada con un rendimiento de turbina del 75%.

Φ RODete	Φ CABOLETA	Φ MAX CHORRO	ALTURA UTIL DEL SALTO					
			15	20	30	40		
80	30	20	5'4	6'3	7'7	8'9		
			2.065	2385	2925	3380		
			0'6	0'95	1'7	2'7		
120	45	30	12'15	14'1	17'3	20		
			1380	1590	1950	2270		
			1'35	2'1	3'9	6		
180	60	40	21'6	25'2	30'8	35'6		
			920	1.060	1.300	1.500		
			2'45	3'8	6'9	10'7		
LIT/S								
rpm								
Kw								



La elección del rodete irá principalmente en función del desnivel y la velocidad del generador de que dispongamos.

Así por ejemplo, si nuestro salto tiene 15 metros y el alternador tiene un rendimiento del 80% y una potencia de 1.000 w a 2.000 rpm, buscamos el rodete que dé unas 2.000 rpm con este salto. El rodete será de 8 cm Ø (80 mm Ø).

Ahora vemos la potencia que necesita nuestro alternador:

$$\frac{1.000}{0,8} = 1.250 \text{ w en turbina}$$

Como con un chorro de 2 cm Ø tenemos unos 600 w, necesitaremos dos chorros de 2 cm Ø y entonces el consumo de agua será de 10,8 l/s.

Otro ejemplo típico: Un salto de 30 m y un magneto de moto para generador. En este caso, estimaremos una potencia de 20 w en magneto con 3.000 rpm y un rendimiento del 60%:

$$\frac{20}{0,6} = 33 \text{ w en turbina}$$

Elegiremos el rodete de 8 cm Ø hecho con cascabeles para tener unas 3.000 rpm y hacemos una simple regla de tres para obtener el caudal:

$$1.700 \text{ w} \quad 7,7 \text{ l/s}$$

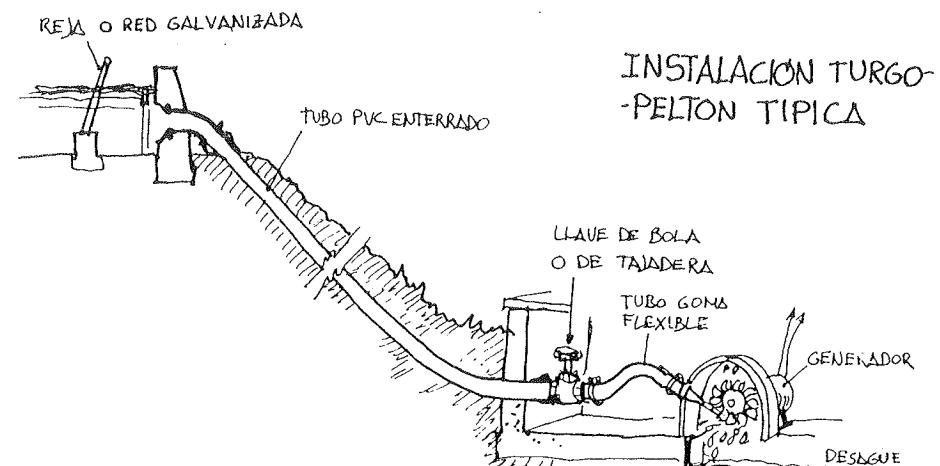
$$33 \text{ w} \quad Q \quad Q = 0,15 \text{ l/s}$$

El diámetro del chorro será

$$d = 16,8 \sqrt{\frac{Q}{H}} = 2,8 \text{ mm} \text{ unos } 3 \text{ mm Ø}$$

con ataque Pelton.

El tubo de alimentación puede ser uno de PVC de una pulgada.



ARIETE HIDRAULICO

ALUMNO DE F.P.
DURANTE LA
CONSTRUCCION
DE UN ARIETE.



Los arietes hidráulicos, son bombas de agua que funcionan aprovechando la energía hidráulica, sin requerir otra energía externa. Mediante un ariete hidráulico, se puede conseguir elevar parte del agua de un arroyo o acequia a una altura superior. También se puede emplear para riego por aspersión. El ariete hidráulico es un sistema de fácil construcción y su rendimiento energético oscila alrededor del 70%.

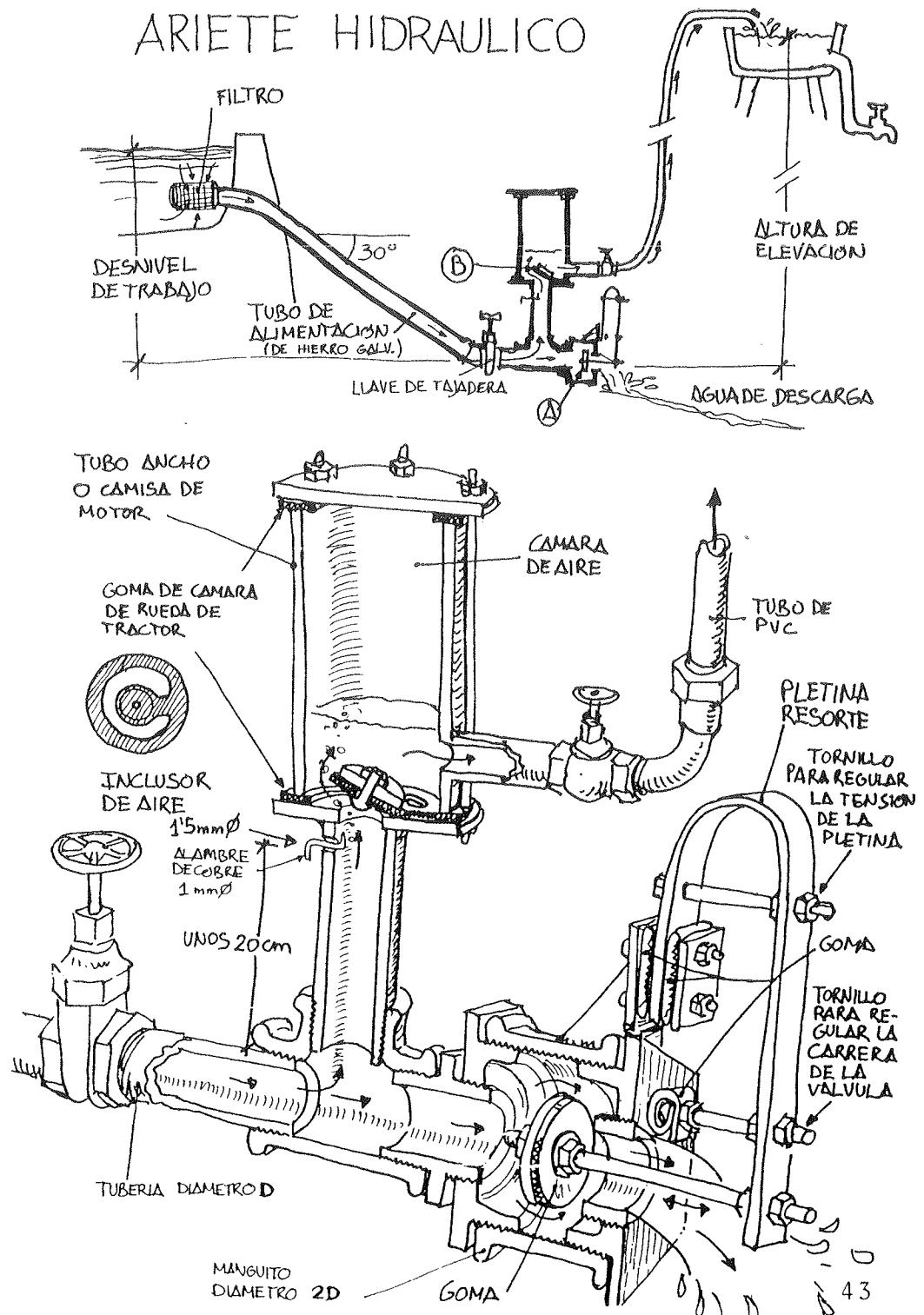
El funcionamiento del aparato es sencillo: el agua se acelera a lo largo de la conducción hasta alcanzar una determinada velocidad a la que se cierra la válvula A. Entonces se crea una fuerte presión ejercida por el agua que se encontraba en movimiento y es detenida repentinamente. Así se abre la válvula B y pasa agua al depósito hasta que se equilibran las presiones. Se abre la válvula A, y el ciclo se repite de nuevo.

El agua pasa a golpes de ariete al depósito, pero sale de éste con continuidad ya que el ariete funciona de uno a dos ciclos por segundo. La cámara de aire del depósito es fundamental para su funcionamiento. Para asegurar la permanencia de esta cámara de aire se utiliza el inclusor de aire que introduce unas pocas burbujas en cada ciclo. El inclusor de aire está formado por un pequeño orificio de 1,5 a 2 mm Ø, con un alambre de cobre que pasa por él con cierta holgura, para tomar alguna burbuja de aire en cada golpe, y mantener así la cámara de aire a presión. Por supuesto, también saldrá una pequeñísima cantidad de agua en cada golpe de ariete pero si no hay cámara de aire, se puede romper el ariete o dejar de funcionar.

Para que el ariete funcione necesita dos cosas:

- agua en cantidad suficiente para impulsarlo,
- suficiente desnivel de trabajo (el mínimo es 20 cm).

ARIETE HIDRAULICO



El agua puede proceder de un manantial, una acequia o un río, y se debe conducir al ariete a través de un tubo de hierro galvanizado, cuyo diámetro depende del caudal utilizado.

La inclinación del tubo debe ser de unos 30° por debajo de la horizontal para un funcionamiento óptimo, aunque también funcionará con otras inclinaciones.

CAUDAL DE ALIMENTACIÓN DEL ARIETE Q	lit/min	30	60	90	120	250	500	1000
DIÁMETRO RECOMENDABLE DEL TUBO DE ALIMENTACIÓN	PULGADOS mm	1 1/4" / 35	1 1/2" / 41	2" / 52	2 1/2" / 70	3" / 80	5" / 125	8" / 200

El ariete funciona entre 60 y 90 golpes por minuto. Cuanto más lento sea el funcionamiento, tanta más agua utiliza y bombea.

Para hacer funcionar un ariete, se puede utilizar cualquier caída de trabajo desde 20 cm a 30 metros. Cuanto mayor caída menor cuesta el ariete y menos agua necesita para la elevación de una cierta cantidad de agua. Con agua en abundancia, y 1,2 metros de desnivel, de trabajo, podemos elevar el agua a más de doscientos metros de altura.

Las diferentes variables que participan en el funcionamiento de un ariete, se relacionan de la siguiente manera:

$$\text{Caudal elevado (l/min)} = \frac{2 \cdot Q \cdot h}{3 \cdot H}$$

Q: caudal de alimentación (l/min)

h: desnivel de trabajo (metros)

H: altura de elevación (metros)

Por ejemplo, si el caudal de alimentación es 150 l/min, el desnivel de trabajo 2 metros, y la altura de elevación, 50 metros, el caudal elevado por el ariete:

$$\frac{2 \cdot 150 \cdot 2}{3 \cdot 50} = 4 \text{ l/min} \quad (5.760 \text{ l/día})$$

Como se puede ver, el rendimiento energético es muy bueno, (65 a 80%), y siempre superior a una instalación de una turbina acoplada a una bomba que resultaría más cara, complicada e ineficaz (al menos en instalaciones pequeñas).

La construcción del ariete se hace con piezas de fontanería galvanizadas. Las juntas deben estar muy bien estopadas y selladas ya que las presiones de trabajo son grandes.

Uno de los mejores materiales para las válvulas del ariete es el caucho de cámara de rueda de tractor vieja.

No hay necesidad de montar el ariete en hormigón, incluso es recomendable tenerlo "portátil" para reparaciones, limpieza, etc.

El ajuste adecuado se logra mediante el tornillo tensor de la plétina resorte y el de la carrera hasta regular el caudal a nuestras necesidades. Después sólo queda ver satisfecho cómo sube el agua de forma continua y gratuita.

El único mantenimiento será retirar las hojas de la coladera de entrada, y reemplazar las gomas de las válvulas cuando se desgasten.



Energía eólica

Antes de empezar la construcción de un molino de viento deben estudiarse las dos posibilidades que existen:

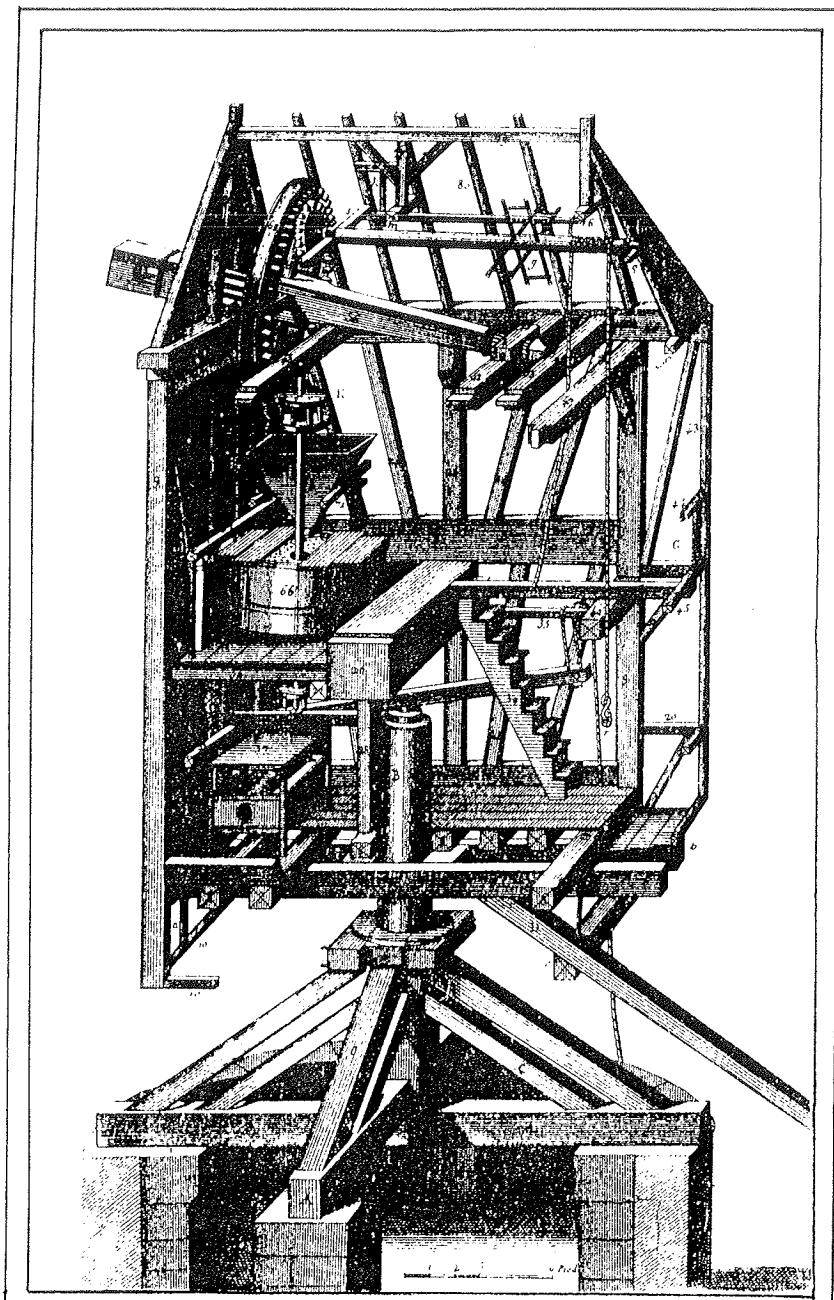
- Recuperar una antigua máquina eólica y ponerla en funcionamiento.
- Construirse el molino.

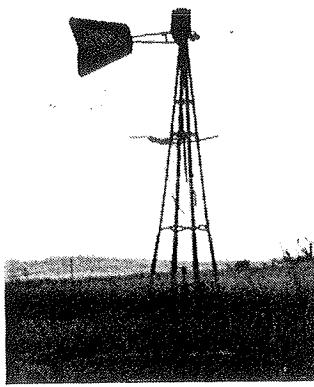
Recuperar los viejos molinos de bombeo o los aerogeneradores de principios de siglo, es una posibilidad que debe mirarse con detenimiento. Los abuelos de la región, darán razón de los molinos que hubo en casas y caseríos, y puede ser que consigáis encontrar alguna de estas máquinas en buenas condiciones como para ser sometida a reparación.

Estas máquinas, estaban hechas para funcionar durante toda la vida y por tanto, su construcción es extremadamente fuerte, sobredimensionada y capaz de seguir funcionando durante muchos años con algún pequeño retoque.

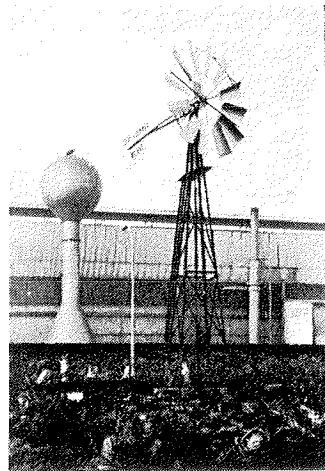
Los generadores, son dinamos muy buenas, que empiezan a cargar a muy pocas revoluciones y son de funcionamiento suave y regular. Las cajas de engranajes y bielas de los típicos molinos de bombeo, estaban hechas con toda la perfección necesaria para hacerlas eternas.

Restaurar una vieja máquina es una labor grata que exige generalmente la ayuda de algún amigo hábil con el torno y la soldadura. Posiblemente haya que fabricar nuevas hélices de madera para el aerogenerador, pero esto no es gran problema, siguiendo las instrucciones de "hélices aerodinámicas".





RECUPERAR LOS
VIEJOS MOLINOS
DE LA ZONA ES
MUY AGRADECIDO
EN ESTE CASO
HUBO QUE CAMBIAR
LOS COJINETES Y
HACER UNA HE-
LICE MULTIPALA
EL MOLINO
TENIA MAS DE
70 AÑOS Y AHORA
SACA MAS DE
3000 Lit/hora.
← ANTES
DESPUES →



La segunda posibilidad, la de hacerse el molino de viento, debe estudiarse también con calma.

La construcción de un molino, básicamente no es difícil, pero requiere un cierto grado de dedicación y buen hacer.

El molino debe estar construido para resistir vientos huracanados, agua, sol, frío y calor. Además debe tener un mantenimiento reducido que consista por ejemplo, en echar un poco de aceite anualmente. Un molino que falla cada poco tiempo, acaba con la paciencia de cualquiera.

Para esto, debe buscarse una construcción a base de materiales y piezas de alta fiabilidad; piezas que provienen de vehículos experimentados y utilizadas de forma que estén muy sobredimensionadas.

Esta fiabilidad y sobredimensionamiento, se consigue a base de utilizar componentes como bujes de ruedas de coche, puentes traseros, cajas de cambio de coche que nos permiten efectuar multiplicación de revoluciones en óptimas condiciones mecánicas (engranajes helicoidales tratados, baños de aceite, etc.). La elaborada tecnología de todas estas piezas, no está al alcance técnico de casi nadie, pero lo que sí está es aprovecharlas de un desguace (pagándolas a peso).

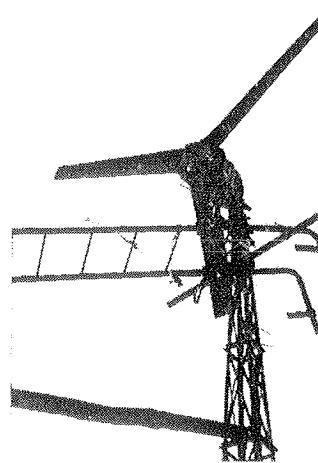
Por eso os recomendamos que antes de hacer nada, penséis siempre todo esto, y no tratéis de hacer ejes montando vosotros los cojinetes, etc., porque seguro que no os queda tan perfecto, ni tan robusto ni tan económico.

Todo lo que no se construye perfectamente, falla. Estos fallos se ven antes de un año de funcionamiento.

Para conseguir máquinas que duren mucho tiempo (toda la vida), es preciso que estén hechas siguiendo tres principios:

- Máxima simplicidad.
- Baja velocidad de rotación.
- Sobredimensionamiento de materiales.

Así se han hecho siempre todas las cosas hasta que el modo de producción competitivo actual, nos ha inundado de aparatos muy sofisticados (lavadoras con veinte programas...) que como es lógico, tienen más averías.



AEROGENERADOR ABANDONADO
ESPERANDO SU REPARACIÓN.



AEROGENERADOR MULTIPALA
HECHO CON PIEZAS DE RECICLAJE.

Ahora se hacen los motores menos sobredimensionados; los materiales trabajan al límite de sus fuerzas, y las altas velocidades que provocan desgastes y vibraciones, acaban con la máquina en un número de horas calculado (pero siempre pequeño).

La construcción de molinos de viento, turbinas y ruedas hidráulicas, debe huir de esta forma consumista de producción: estas máquinas deben durar toda la vida.

Puesto que partimos de piezas de reciclaje, deben estar bien sobredimensionadas, y esto lo encontraremos más fácilmente en los aparatos antiguos (motores de inducción...) o en ciertas partes de los vehículos que se hacen muy fuertes, porque de ellas depende la seguridad del conductor (bujes de ruedas, cajas de cambios, etc.).

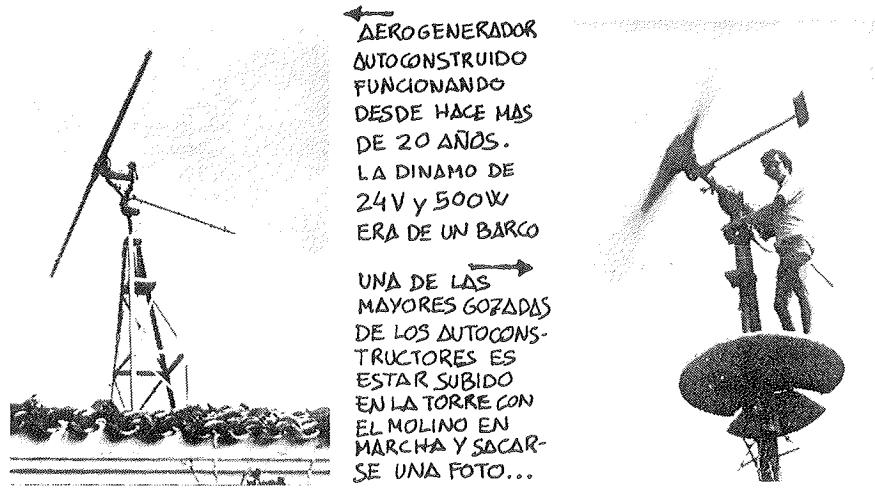
La baja velocidad de rotación del molino (menor de 500 rpm) es otro factor importante; cuanto más lento sea el molino, más silencioso y duradero será.

En las hélices multipala y tradicional, esto se consigue por construcción, pero en hélices aerodinámicas, debemos evitar que se embalen utilizando los "sistemas de regulación".

Y como norma muy importante, la simplicidad; cuantas menos sofisticaciones, menos averías, menos mantenimiento, y más duración.

Hay que tener en cuenta que un molino se debe construir para que funcione unas 5.000 a 6.000 horas al año. Un automóvil se construye para funcionar unas 4.000 horas a lo largo de toda su vida.

Además, el molino debe ser silencioso y eficaz. Silencioso porque aunque al principio el ruido pueda resultar "gracioso" (¡funciona!), a la larga, se hace muy molesto. No hay que olvidar que el ruido es una forma de contaminación.



El molino debe ser eficaz, es decir, debe empezar a aprovechar vientos de 10 a 14 Km/h, no más. De no hacerlo así, las 5.000 a 6.000 horas aprovechables, quedarán reducidas considerablemente a 2.000 ó menos.

Hay que evitar un error en el que solemos caer muchos autoconstructores: colocar el aparato a poca altura o en sitios poco ventosos. Si queremos que nuestra máquina nos suministre abundante energía, hay que empezar por colocarla en una torre o poste bien alto, que salve todos los obstáculos de alrededor (nunca menos de 8 metros). A mayor altura, el viento es más intenso, su dirección más constante, y con menos turbulencias destructoras. ¡No tengas miedo a la altura!

Hacerse el molino tiene muchos aspectos positivos: sabemos dónde y para qué está cada pieza y por tanto somos capaces de salir al paso de cualquier eventualidad y superarla mejorando el molino en ciertos detalles si es preciso. Por esto tendremos buen cuidado en que el aparato esté diseñado como un sistema, no como un conjunto de componentes separados.

La alegría que sientes cuando ves un molino hecho con tus manos y que funciona a la perfección, sólo podrás apreciarla cuando lo hagas tú mismo.

Se adquiere una conciencia energética: ya no nos dará igual que salga o no el sol, o que sople más o menos viento. No podemos olvidar que el viento nos regala la energía que consumimos. Pero hay que recalcar que hacemos más reduciendo la necesidad de energía que produciéndola.

Un aspecto que cabe destacar es que no se deben buscar máquinas con gran rendimiento energético, sofisticadas y tecnológicas. Es absurdo gastar mucho dinero y tiempo para hacer una máquina con gran rendimiento energético supereficiente con hélices perfectamente estudiadas, con sistemas sofisticados de regulación, cuando se pueden obtener los mismos resultados con un aparato mucho más barato, sencillo y probablemente más duradero que obtendrá la misma energía que el otro simplemente aumentando algo el diámetro, para compensar los menores rendimientos de la máquina.

Como el combustible no cuesta, el factor importante en los molinos es la inversión a realizar para lograr un rendimiento energético dado.

Los diseños que se describen a continuación, están basados en todo lo dicho anteriormente, buscando la máxima simplicidad, menor coste, mejor resultado y duración. De todos modos cada uno cuenta con medios diferentes y puede perfeccionar o sustituir unas piezas por otras a su alcance. Así, por ejemplo, mucha gente que trabaja en fábricas tiene acceso a anillos colectores, cajas reductoras, etc., que pueden ser útiles en la construcción de aparatos. Los que viven en la costa, pueden acceder más fácilmente a los generadores marinos, material de barcos, etc. Cada uno debe buscar en la forma que a él le resulte más cómoda y eficaz.

A lo largo del cuaderno verás que la construcción de un molino está al alcance de todos, pero requiere cierta habilidad y paciencia. No esperes que todo vaya a funcionar bien a la primera. ¡Anímate!, de los errores se aprende y todo tiene solución.

El viento es gratis, no pasa factura, no contamina ni depende de monopolios ni multinacionales ¡aprovechalo!. Los molinos de viento son un símbolo magnífico de la tecnología alternativa, y una demostración cinética de la utilización de las fuentes naturales de energía.

**LOS MOLINOS DE VIENTO SON UN SÍMBOLO MAGNÍFICO FRENTE A LOS MONOPOLIOS Y SIEMPRE SON MUCHO MÁS BARATOS QUE CONECTAR A LA LÍNEA.
EL VIENTO NUNCA TE PASARÁ FACTURA.**

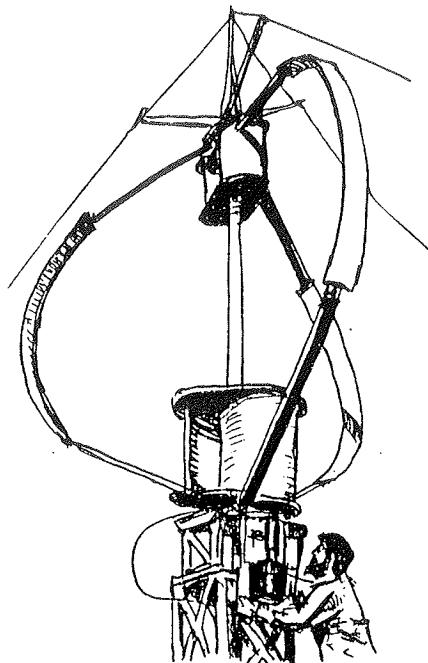


TIPOS DE MAQUINAS

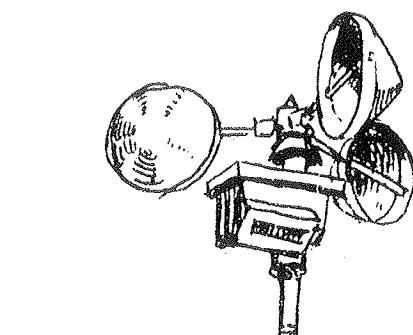
Antes de comenzar es conveniente conocer y saber distinguir los diferentes tipos de máquinas que se han construido hasta ahora, sus características, posibilidades y aplicaciones.

máquinas de eje vertical

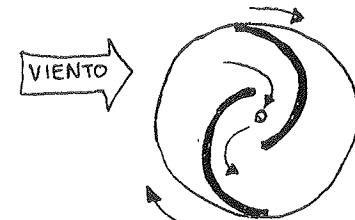
El eje de giro del rotor es vertical. Son las primeras panémomas que se utilizaron en China hace 2500 años. Eran parecidas a un anemómetro de cazoletas. Funcionan por la diferente resistencia al viento de las superficies interiores y exteriores de las cazoletas captoras. La primera mejora importante se debe al finlandés Savonius, en cuyo rotor el viento actúa por las dos caras, haciendo aumentar el rendimiento.



ROTOR DARRIEUS CON ROTORES SAVONIUS PARA ARRANQUE



ANEMOMETRO DE CAZOLETAS



FUNCIONAMIENTO DEL ROTOR SAVONIUS

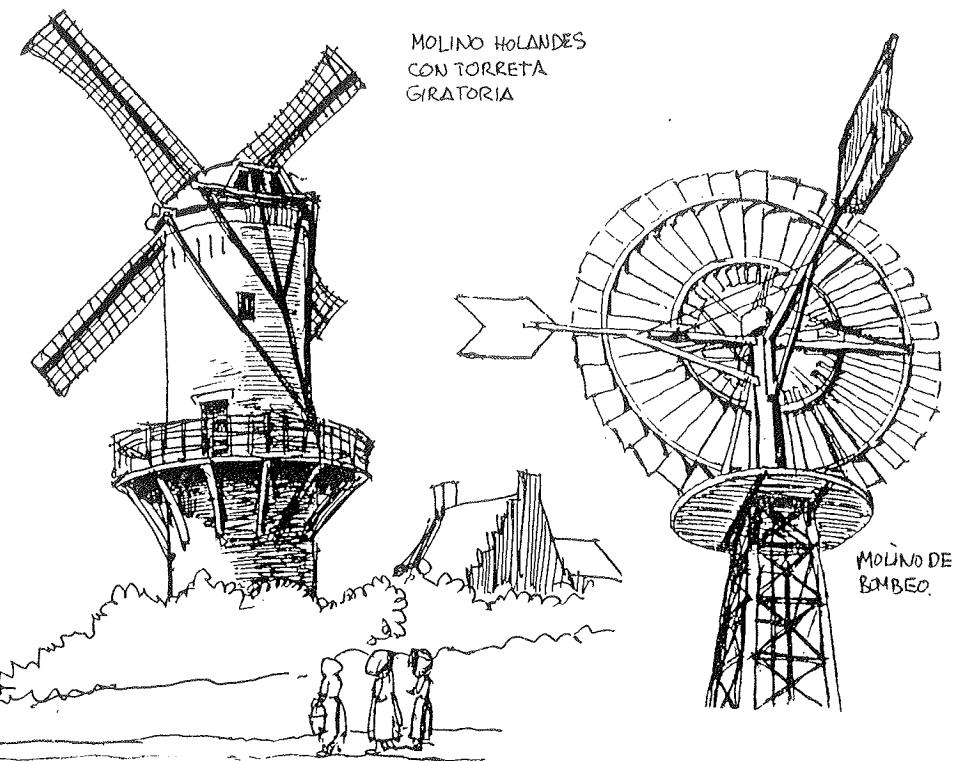
Todas estas máquinas son lentas, muy simples, y fáciles de construir.

No hay riesgo de sobrepasar velocidades peligrosas para la máquina. No necesitan orientarse al viento puesto que actúan en cualquier dirección. Son muy aptas para trabajos mecánicos que requieren lentitud y fuerza (moler, bombeo, etc.).

Hay un tipo de rotor de eje vertical rápido: el rotor Darrieus. La tecnología del autoconstructor, no está al alcance de construirlo, por lo que no se recomienda ni se incluye en este cuaderno.

máquinas de eje horizontal

Se llaman así a las que tienen el eje de giro de la hélice horizontal. Son de este tipo los molinos tradicionales europeos, muy aptos para trabajos mecánicos (moler, serrar, bombeo...). También se incluyen en este grupo los multipalas de bombeo típicos, igualmente lentos y con mucha fuerza, y los molinos de hélices aerodinámicas rápidas, utilizados generalmente para la producción de energía eléctrica.



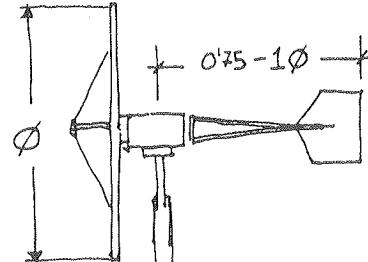
MOLINO DE BOMBEO.

Todos los molinos de eje horizontal necesitan enfrentarse al viento para que éste incida perpendicularmente al plano de la hélice. Esto se puede solucionar de varios modos. Lo más sencillo es colocar una veleta o timón detrás de modo que la hélice permanezca siempre encarada al viento. Este sistema es válido para molinos de hasta 10 metros de diámetro. Otro sistema consiste en hacer que la hélice funcione "de espaldas al viento", sin veleta, haciendo que la presión del viento sobre la hélice mantenga el molino orientado. Este sistema, tiene la desventaja de no poder desorientar el molino (v. regulación). Además causa más vibraciones y fatiga en las hélices, acortando su duración, debido a la "sombra" que hace la torre soporte al viento. Por estas razones, no los recomendamos.

Hay otro sistema, sólo utilizado en grandes molinos (mayor de 10 ó 12 m Ø). Consiste en utilizar unas hélices auxiliares o molinete de orientación. Lo habrás visto en los molinos holandeses. En aparatos pequeños, no se recomienda.

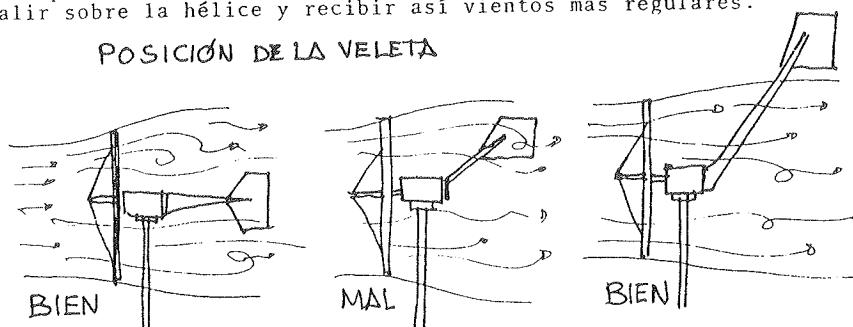
Si, como es normal, nos decidimos por utilizar una veleta, debemos colocarla bien.

La veleta, va a una distancia del eje sobre el que pivota el molino, comprendida entre 0,75 y 1 veces el diámetro de la hélice:



La veleta puede colocarse detrás, centrada en la zona intercepcionada por la hélice. Es la solución más usual. También puede sobresalir sobre la hélice y recibir así vientos más regulares.

POSICIÓN DE LA VELETA



La superficie de la veleta es variable, pero suele ser de un 2 a un 15% del área barrida por la hélice.

Cuanto más pequeña sea la veleta, más suaves serán las reorientaciones del molino, pero la orientación será menos precisa. La mayoría de las veces se hace de forma que la silueta del molino resulte bella y grácil.

Todas las veletas se deben colocar de manera que no estén sujetas rígidamente al armazón del molino. La veleta debe gozar de cierta movilidad que impida orientaciones bruscas al actuar por ráfagas (son muy peligrosas para la hélice). Todo debe ir entre muñecos, tal como aparece detallado en "desorientación manual" de "sistemas de regulación". Esto alargará mucho la vida del molino.

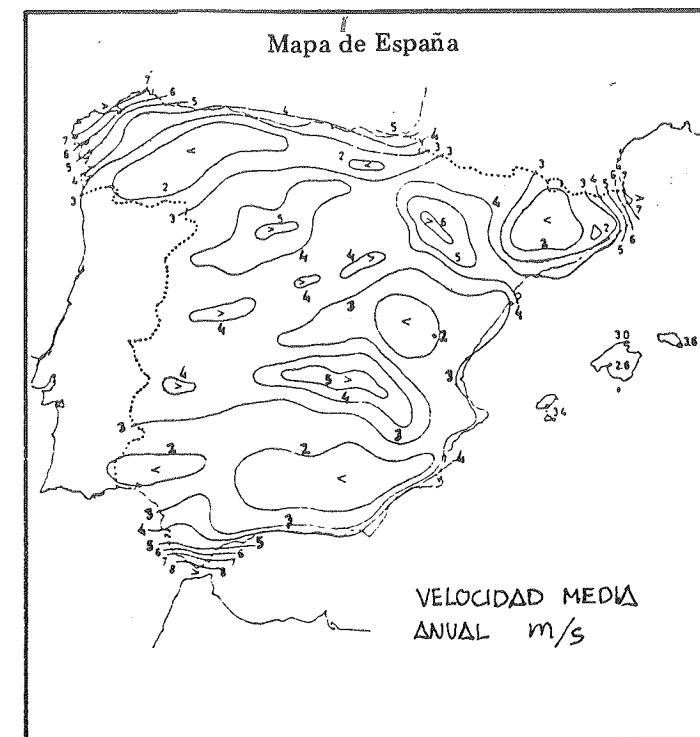
El peso de la veleta debe ser suficiente para equilibrar aproximadamente el peso de la hélice y del cuerpo del molino sobre el eje vertical de fijación. La veleta debe tener todas sus esquinas redondeadas para que no atraiga los rayos.

Todos los molinos de eje horizontal necesitan regulación de la velocidad de rotación para evitar que se rompan con vientos fuertes (v. sistemas de regulación).

DIMENSIONADO DEL MOLINO

Cuando queremos hacer un molino para producir energía eléctrica, debemos conocer primero el consumo previsible (v. "Cálculo de necesidades"). Estos cálculos deben hacerse echando todos los consumos por encima de lo previsto para que el molino nunca se quede corto.

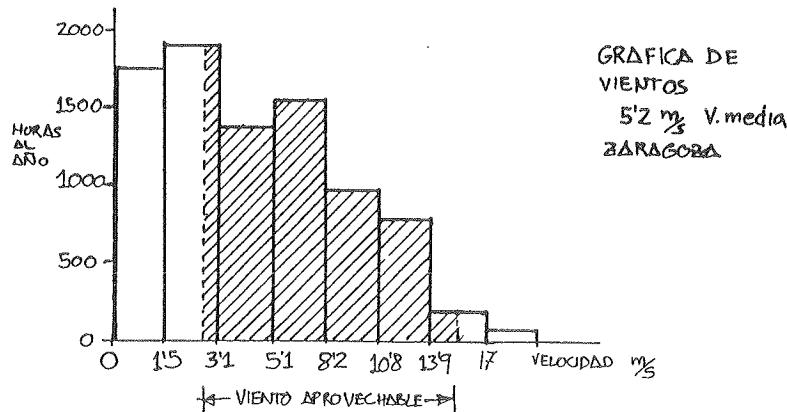
Además del consumo es necesario conocer, aunque sea de modo aproximado, el régimen de vientos de nuestra zona y su velocidad media. Esto se consigue consultando datos del Servicio Meteorológico, o bien colocando un anemómetro sencillo en el lugar.



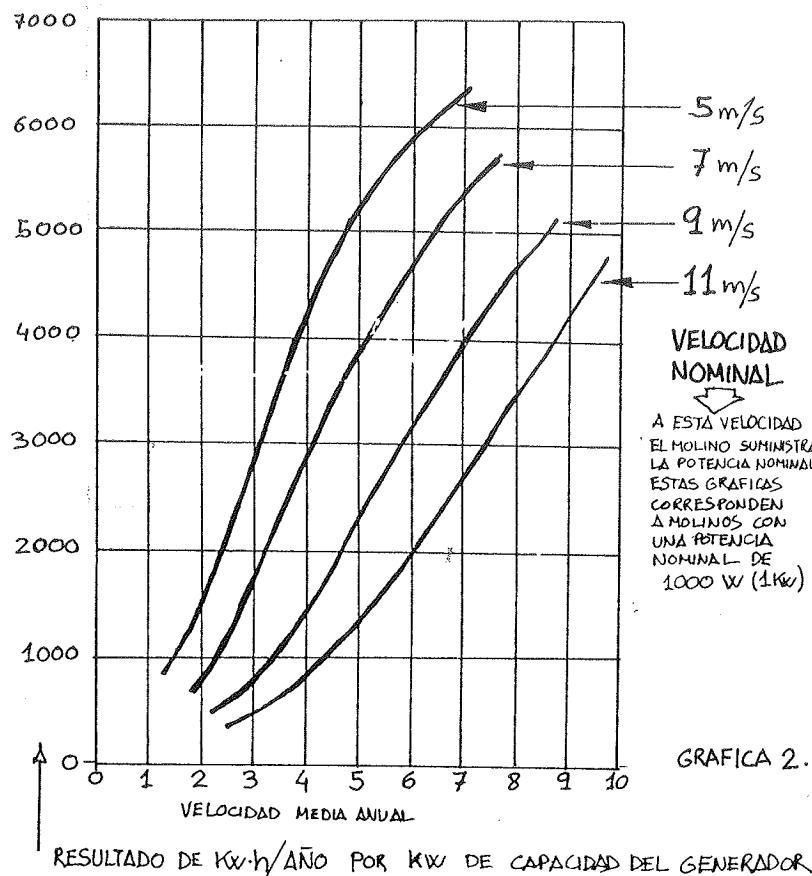
Donde pensemos colocar el molino, es conveniente tomar datos al menos durante un año, para saber la velocidad media, velocidad máxima, períodos de calma, etc. Puedes ver cómo hacer y calibrar un anemómetro-veleta que sirve para conocer la velocidad instantánea y la media (recorrido del viento en un tiempo dado), además de la dirección en cada momento en "anemómetro".

De todos modos, podrás observar que hay muchas horas de viento suave (8 a 18 Km/h) y menos de viento moderado o fuerte (20 a 50 Km/h).

Si queremos que nuestra máquina suministre abundante energía, tenemos que aprovechar este viento suave. No importa en absoluto desaprovechar el viento fuerte porque son pocas horas al año. Es viento más energético, pero también más racheado y turbulento.



De este modo, la máquina resultará de poca potencia nominal, pero al cabo de muchas horas, producirá mucha energía. Así, el generador será de poca potencia, las pérdidas por los cables pequeñas y la carga de las baterías, se realizará en óptimas condiciones.



Si por el contrario, nuestro aparato sólo empieza a generar con vientos moderados (entre 18 y 25 Km/h), dejará pasar con pena ni gloria todo el viento de velocidad inferior. La carga se producirá en mediocres condiciones, a "enganchones", de forma discontinua y sólo con los vientos más turbulentos. Al cabo del año dará muy pocos Kw.h de no ser una zona con vientos violentos.

Por supuesto, para aprovechar vientos suaves, la hélice tiene que tener un diámetro mayor, va más despacio, se utilizan mayores multiplicaciones, y se necesita un sistema de regulación eficaz que proteja la hélice por encima de 40 ó 50 Km/h, pero esto no es gran problema como se verá más adelante.

Por otro lado, cuanto menos viento necesite para generar, menos volumen de baterías necesitaremos, y esto es un factor muy importante ya que es lo que más cuesta en las instalaciones autoconstruidas.

Todo esto aparece resumido en la gráfica 2.

Si disponemos de un generador de 1.000 w y la velocidad media que tenemos es de 4 m/s (14,4 Km/h) obtendremos diferente cantidad de energía al cabo del año según la máquina en la que lo coloquemos. A partir de la gráfica 2 con velocidad media de 4 m/s y un generador de 1.000 w, obtenemos la tabla 7.

V. NOMINAL DEL MOLINO	PRODUCCION ANUAL (Kw·h)
11	800
9	1500
7	2900
5	4.100

TABLA 7.

Es decir, con un mismo generador puesto en diferentes molinos, obtenemos cantidades de energía muy diferentes: cinco veces más energía con el aparato de 5 m/s de velocidad nominal respecto a la producción del aparato de 11 m/s de velocidad nominal. Por esto, la energía obtenida con aerogenerador de 200 w, de velocidad nominal 5 m/s (4 m Ø), será igual a la obtenida con el de 1.000 w, de velocidad nominal 11 m/s (2,4 m Ø), con la diferencia de que en el primer caso necesitamos menos baterías y la carga se realiza en mejores condiciones.

Las velocidades nominales de los molinos se suelen elegir según el régimen de vientos que tengamos, tal como se ve en la tabla 8.

Todos los molinos de este cuaderno están diseñados para vientos medios por ser los más abundantes, es decir, su velocidad nominal es de 7 a 8 m/s.

Tan importante es la velocidad nominal como la de inicio de carga, ya que un molino que nos da 100 w a 7 m/s, pero comience a generar a 5 m/s, nos dará menos energía que si comienza a generar a 2,5 m/s.

VELOCIDAD MEDIA ANUAL	VELOCIDAD NOMINAL	VELOCIDAD DE INICIO DE CARGA	VELOCIDAD DE PARADA
VIENTOS SUAVES 2-3'5	5-6	1'5-2'5	12
VIENTOS MEDIOS 3'5-5	7-8	2'5-3'5	15
VIENTOS FUERTES 5-7	9-11	3'5-5	20
VIENTOS VIOLENTOS 7-11	12-15	6-7	30

TABLA 8 DATOS EN METROS/SEGUNDO (m/s) $1\text{ m/s} = 3'6 \text{ Km/h}$

Hemos construido la tabla 9 para determinar el diámetro que debe tener nuestro molino a partir de la velocidad media (mensual o anual) y las necesidades de energía eléctrica de un mes. Los datos están extraídos de fabricantes de molinos y de nuestra experiencia, pero pueden variar algo en cada sitio según el régimen de vientos.

POTENCIA NOMINAL DE GENERADOR (WATIOS)	PRODUCCION MENSUAL (Kw.h) SEGUN VELOCIDAD MEDIA MENSUAL m/s				DIAMETRO HELICE MULTIPALA	DIAMETRO HELICE AERODINAMICA	DIAMETRO HELICE TRADICIONAL
	3	4	5	6			
60	9	12	16	22	1'80	1'70	
100	16	22	30	36	2'10	2'00	
200	32	44	60	74	2'50	2'20	
300	48	66	90	110	2'80	2'60	
400	64	88	120	146	3'60	3'00	
500	80	110	150	180	4'00	3'60	4'00
700	112	150	240	255	4'50	4'20	5'00
1000	160	220	300	370		5'00	6'00
2000	320	440	600	740		6'80	8'00
3000	480	660	950	1100		7'50	10'00
4000	640	900	1300	1500		9'00	12'00

TABLA 9.

PRODUCCION ESTIMADA MENSUAL (Kw.h) Y DIAMETROS (m)
PARA MOLINOS CON VELOCIDAD NOMINAL 7 m/s INICIO DE CARGA 2'5-3'5 m/s

Si el molino nos da más potencia al aumentar la velocidad del viento por encima de la nominal, obtendremos una producción suplementaria nada despreciable en períodos de viento fuerte (un molino de 100 w a 7 m/s, nos da 200 w a 9 m/s). Para obtener el diámetro necesario con velocidades nominales del molino, distintas de 7 m/s, interpolar los datos de la gráfica 2 y consultar la tabla correspondiente al tipo de hélice (Tablas 11, 12 y 13).

ENERGIA DEL VIENTO

La energía que tiene el viento es energía cinética, es decir, debida a la masa de aire en movimiento:

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

donde m es la masa de aire (Kg) y v es la velocidad instantánea del viento (metros/segundo).

La energía teóricamente recuperable por unidad de tiempo, es decir, la potencia teórica será en watios (w) la siguiente fórmula fundamental:

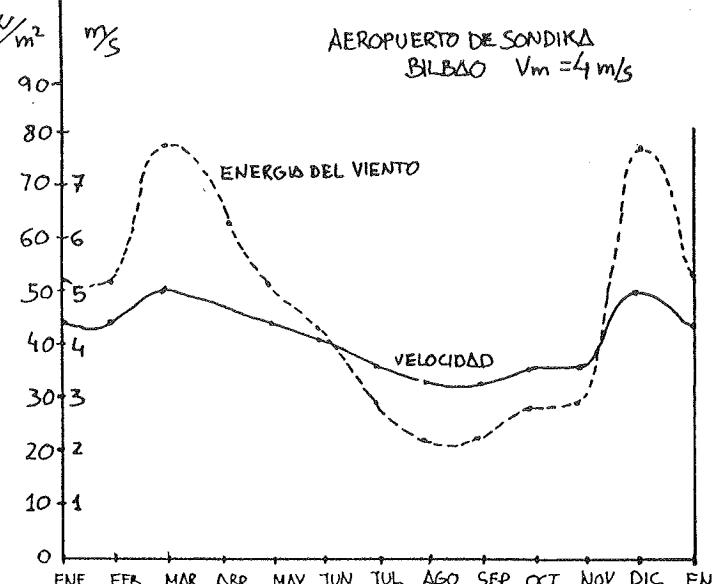
$$P_t = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v \cdot v^2 = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3 = 0,62 \cdot A \cdot v^3$$

ρ es la densidad del aire ($1,25 \text{ Kg/m}^3$).

A es la superficie perpendicular a la corriente de aire, barrida por la máquina, en metros cuadrados.

Es decir, la energía que podemos obtener, depende del área y del cubo de la velocidad del viento (esto significa que un viento de doble velocidad que otro, tiene ocho veces más energía).

VARIACION DE LA VELOCIDAD Y DE LA ENERGIA DEL VIENTO A LO LARGO DEL AÑO



Sin embargo, no se puede conseguir toda esta potencia, ya que la velocidad, una vez atravesada la superficie captadora, no es nula (ni puede serlo). Betz, demostró que el valor máximo teórico que puede obtenerse, es del 59,3% de toda la energía del viento. Esto quiere decir que la máxima potencia teóricamente aprovechable será:

$$P_{m.a} = 0,37 \cdot A \cdot v^3$$

Esta es la potencia que obtendríamos con un aerogenerador de rendimiento 100% respecto al máximo teórico de Betz.

Está claro que no existe una máquina que sea capaz de tener este rendimiento por lo que deberemos afectar la fórmula fundamental de un coeficiente de rendimiento C_r para conocer la potencia útil que podemos sacar a un molino:

$$\text{Potencia útil} = 0,62 \cdot A \cdot v^3 \cdot C_r$$

El coeficiente C_r depende del tipo de molino que elijamos y de nuestra habilidad como constructores. Los valores típicos de C_r son los que aparecen en la tabla 10.

	TIPO DE CAPTOR	COEF. DE RENDIMIENTO C_r	RAZÓN VEL. PUNTA U/v	OBSERVACIONES
EJE VERTICAL	PANEMONA	0'1	0'5	LENTO MUCHO PAR DE ARRANQUE POCA POTENCIA, FUERZA MOTRIZ
	ROTOR SAVONIUS	0'25	1	VELOCIDAD Y RENDIMIENTO MEDIO BASTANTE PAR DE ARRANQUE
	MOLINO CRETENSE	0'3	1	LENTO, MUCHO PAR Y BUEN RENDIMIENTO, NO AUTOMATIZABLE
	HELICE MULTIPALA	0'3	1	LENTO, BUEN RENDIMIENTO Y MUCHO PAR, RESISTENTE
	MOLINO TRADICIONAL	0'3	2-3	VELOCIDAD Y PAR MEDIO CON BUEN RENDIMIENTO, FUERZA MOTRIZ
	HELICE AERODINAMICA	0'45	6-8	MUCHA VELOCIDAD Y RENDIMIENTO PERO MUY POCO PAR DE ARRANQUE

TABLA 10.

Otra característica importante de las hélices es la razón de velocidad punta U/v . Este número relaciona la velocidad de la punta o extremo de la hélice con la del viento.

Por ejemplo, si la punta de una pala va a 60 m/s y la del viento en ese momento es de 10 m/s

$$\frac{U}{v} = \frac{60}{10} = 6$$

Cuanto mayor es este factor, más rápida va la hélice, y cuanto menor, más lenta. Este factor sirve para calcular la velocidad de rotación de una hélice en función de la velocidad del viento y su diámetro:

$$\text{rpm} = 19 \cdot \frac{v \cdot (u/v)}{D}$$

v: velocidad del viento en m/s

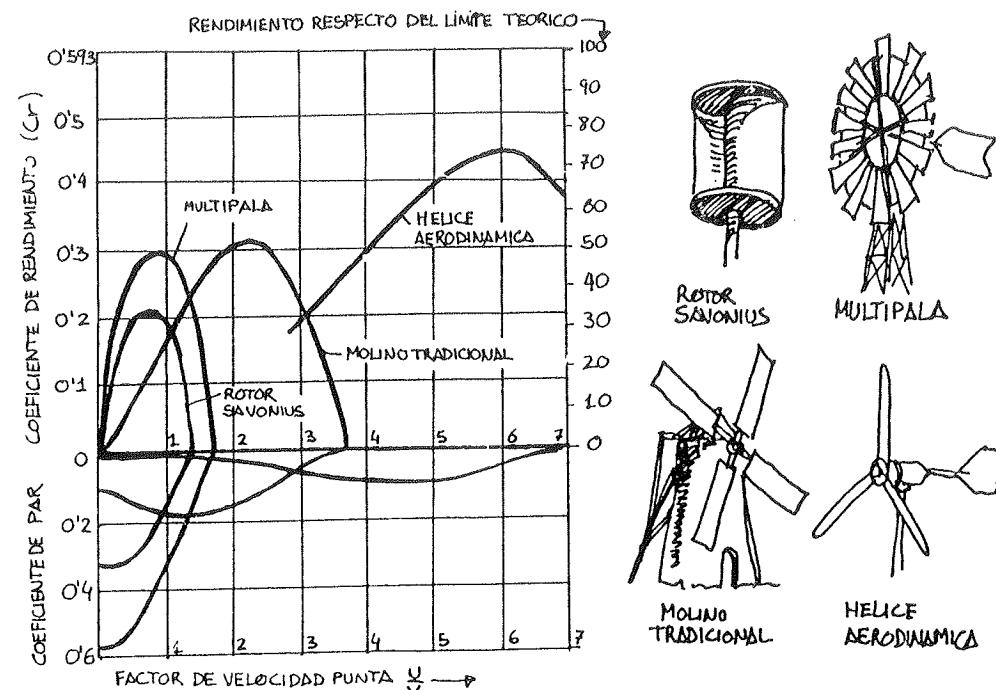
u/v: razón de velocidad punta

D: diámetro de la hélice en metros.

En la tabla 10 aparece también la razón de velocidad punta de cada tipo de captores.

En la gráfica 3 aparecen relacionadas estas dos variables para los tipos de captores más utilizados. Con este gráfico podemos entender cómo se comporta cada tipo ya que también aparece el coeficiente de par. Cuanto mayor es el par, mayor es la tendencia a arrancar y girar. Así se puede ver el alto par de arranque del multipala y el poco par de arranque de la hélice aerodinámica.

En las siguientes páginas, se tratan con detenimiento los tres tipos de hélice más utilizados: multipala, aerodinámica y tradicional, con los detalles de construcción, y características de cada una.



GRAFICA 3.

HELICE MULTIPALA

Es el tipo de hélice que todos hemos visto en los molinos de las películas del oeste. La utilizan todos los molinos de bombeo americanos.

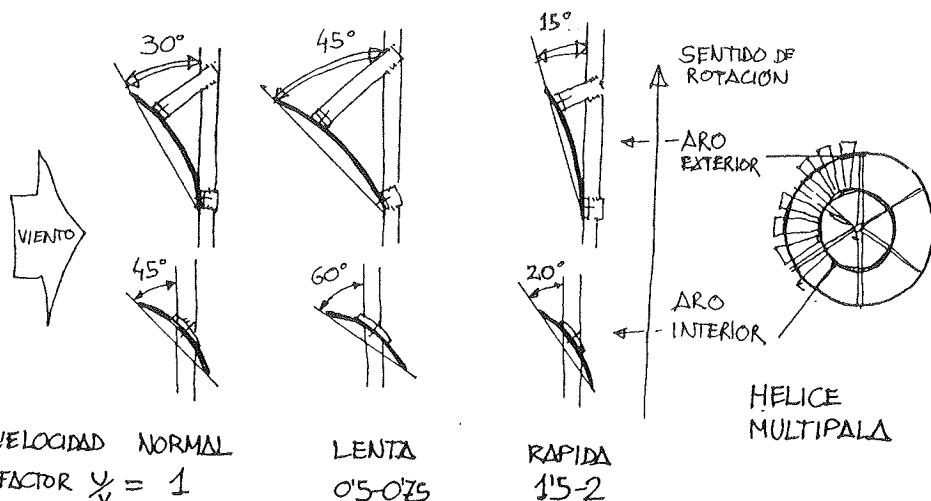
Esta hélice está formada por una circunferencia de hierro que soporta de 8 a 36 paletas metálicas que cubren todo el círculo.

Son hélices que no tienen grandes problemas de construcción ni aun para los menos mañosos. Requiere cierto trabajo y bastante tiempo para colocar todas las chapas en su sitio.

Estas hélices no se lanzan a gran velocidad por lo que no requieren nunca sistemas complicados de regulación (basta con la desorientación automática). Tampoco necesitan un equilibrado de gran precisión. Son resistentes y aguantan bien los embates del viento. Tienen buen rendimiento ($C_r = 0,3$) y un par de arranque muy alto que le permite girar con las brisas más suaves.

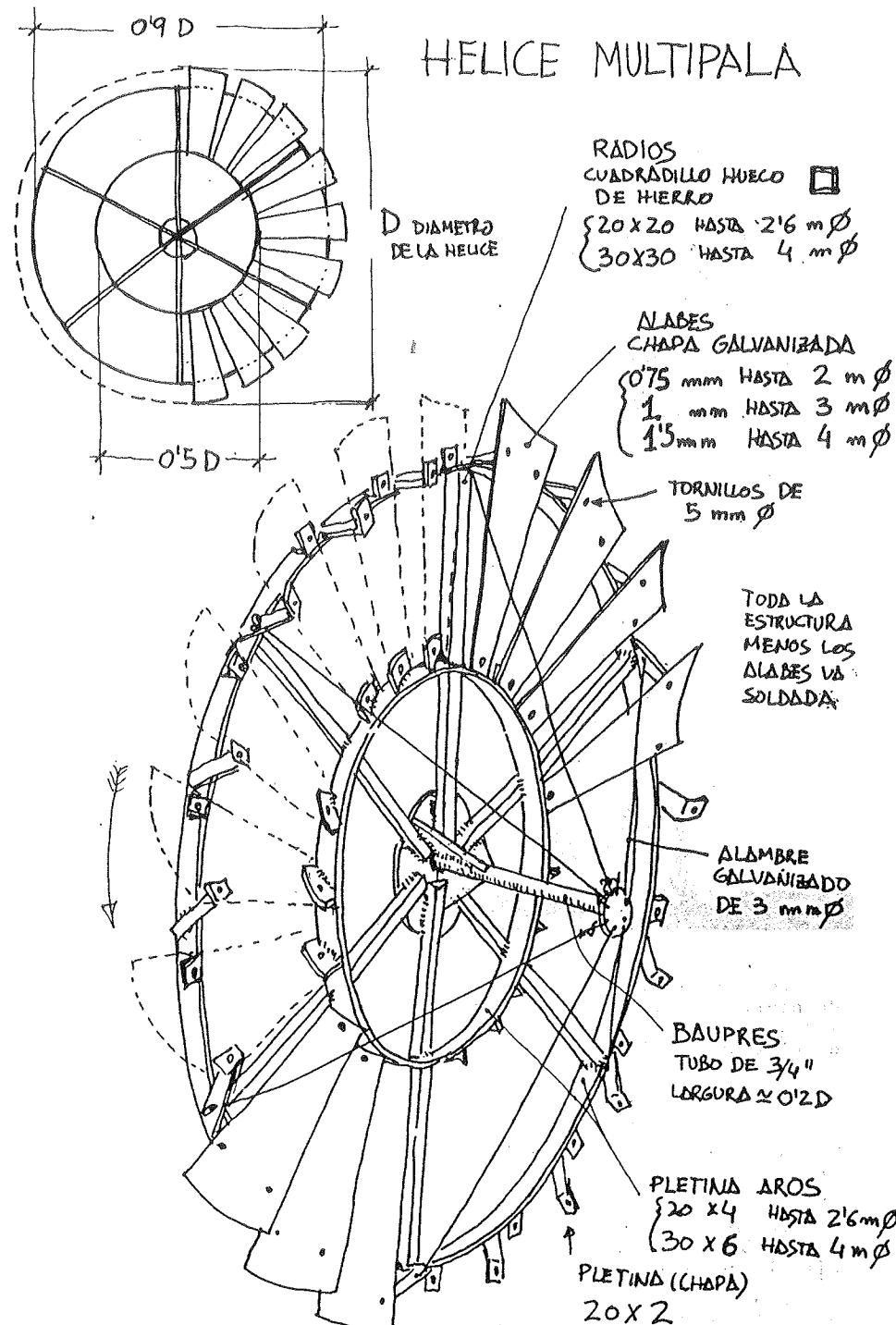
La hélice multipala es típica de los molinos de bombeo y adecuada para generar electricidad acoplada a una buena caja de multiplicar que moverá sin esfuerzo. Esta hélice resulta muy maja y da una imagen ecológica en el paisaje.

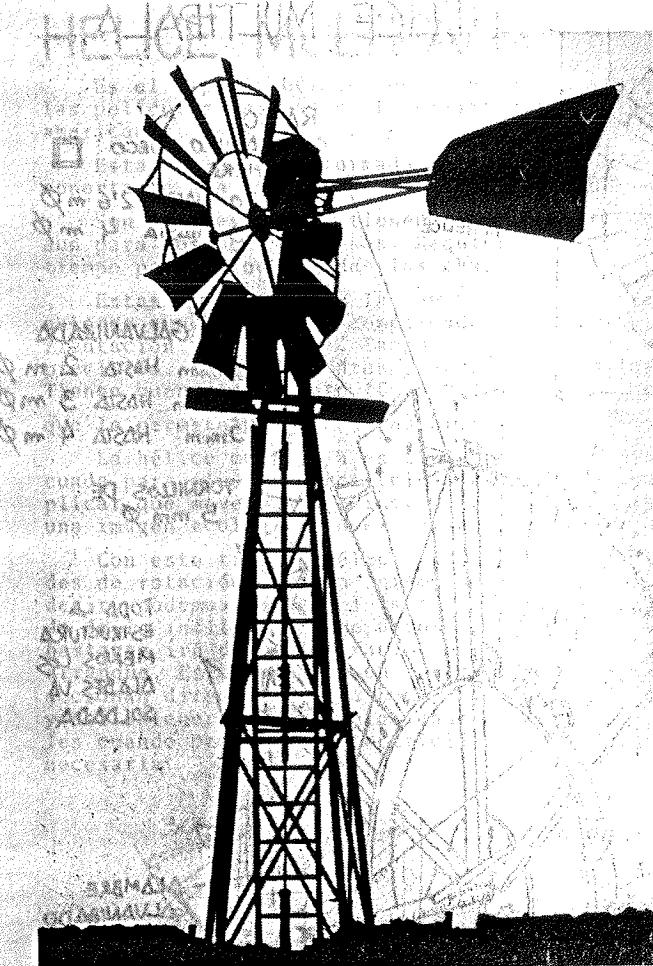
Con este tipo de hélice, podemos obtener diferentes velocidades de rotación para un mismo diámetro y velocidad del viento, es decir, podemos variar el factor de velocidad punta u/v. Todo depende de la inclinación que demos a las paletas. Si las inclinamos bastante irá despacio (factor $u/v = 0,5$ a $0,75$) con gran par de arranque. Esto interesa en los molinos de bombeo de hasta $3\text{ m}\varnothing$ que accionan directamente la bomba. También podemos inclinarlas poco y así obtener mayores velocidades (factor $u/v = 1,5$ a 2), muy útiles cuando producimos electricidad por disminuir la multiplicación necesaria.



En ambos casos, las chapas deben llevar junto al centro algo más inclinación que en el exterior. Puedes ver esto más detallado en el dibujo, en el que aparecen las inclinaciones respecto a los aros exterior e interior para las diferentes velocidades.

HELICE MULTIPALA





LA HELICE MULTIPALA TIENE UNA IMAGEN MUY BELLA EN EL PAISAJE. EN LA FOTO UN MOLINO DE BOMBEO

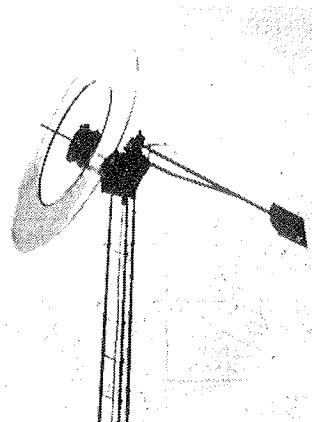
Los radios de la hélice se construyen con perfil cuadrado hueco de hierro y van unidos mediante pletinas para formar los áros sobre los que se sitúan las paletas. Estas últimas van sujetas por medio de pletinas soldadas a los aros.

Conviene hacer las paletas de chapa de hierro galvanizada, aunque también puede usarse el cinc, el aluminio y la chapa sin galvanizar, que deberá ir bien pintada.

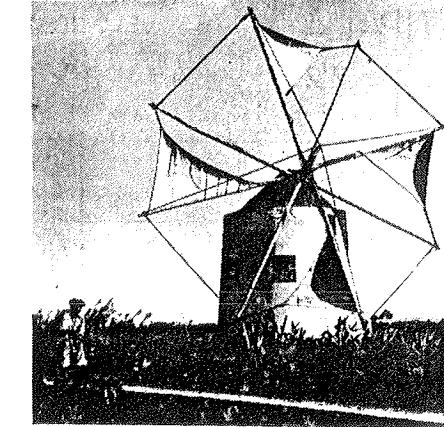
Si se trata de molino de bombeo, utilizaremos necesariamente chapa de hierro por su peso y consiguiente inercia, tan necesaria en esta labor.

Las medidas de los álabes de chapa son diferentes en cada caso, pero debemos cortarlas de modo que no se desperdicie chapa y el círculo quede más o menos cubierto de álabes.

Debes tener cuidado de no dejar esquinas vivas en los álabes ni en la veleta. Todas las esquinas se deben redondear para evitar que nuestro molino atraiga los rayos con malas consecuencias.



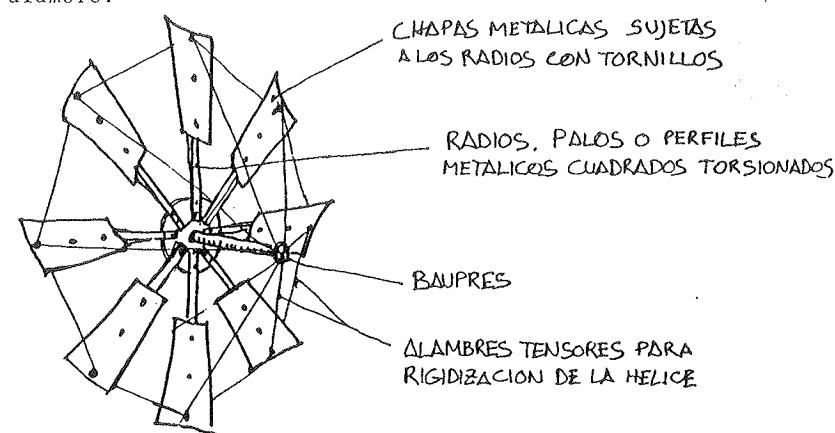
LAS HELICES MULTIPALAS CON POCO CALADO SON BASTANTE RAPIDAS Y VAN MUY BIEN PARA PRODUCIR ELECTRICIDAD.



BELLO MOLINO DE GRANO CON HELICE CRETENSE DE LONA. NECESITAN UN MOLINERO CERCA PARA REPLEGAR VELAS SI AUMENTA EL VIENTO.

En este tipo de hélice, es muy importante la rigidización mediante el bauprés (tubo que sale en el centro de la hélice) y unos alambres. Pueden colocarse varillas o pletinas en vez de los alambres, pero no suele ser necesaria tanta rigidez.

También puede construirse una hélice multipala sin aros, colocando un álabe sobre cada radio, de modo que haya de 6 a 12 radios. El conjunto se rigidiza con bauprés y alambres como la multipala normal y por parte, se unen los radios por la periferia con otro alambre.



El diámetro máximo autoconstruible son unos 4,5 m Ø, que será una hélice muy pesada y potente, y el mínimo 0,5 m Ø (hélice de ventilador).

En la tabla 11 se encuentran la potencia y revoluciones de una hélice multipala con factor $u/v = 1$.

MULTIPALA

	VELOCIDAD DEL VIENTO				
DIÁMETRO m	2'2	4'4	6'6	8'8	11'1
0'6	8	16	24	32	40
1'2	0'4 70	3'25 140	10'4 210	25 280	46 351
1'8	1'3 35	12 70	40 105	96 140	195 175
2'4	3'25 23	27 46	90 69	226 92	425 115
3	6'5 17	48 35	170 52	395 70	765 87
3'6	9 14	78 28	260 42	617 56	1200 70
4'2	13 11	110 23	351 35	884 47	1730 58
	19 10	150 20	478 30	1200 40	2360 50

$(C_r \text{ HELICE} = 0'3)$
90 → POTENCIA W (MULTIPLICACION GENERADOR = 0'65) → 0'2
69 → RPM (CON $\gamma = 1$)

TABLA 11.

Si hacemos una hélice con factor $u/v = 2$ para generar electricidad, multiplicaremos las revoluciones de la tabla por 2 y así con los demás factores de velocidad punta. La potencia de la hélice es la misma.

La hélice cretense, con velas de lona triangulares, tiene las mismas características que la multipala en cuanto a revoluciones y potencia, pero presenta la desventaja de necesitar una persona cerca (el molinero) para recoger las velas cuando aumenta el viento o se acerca una tormenta.

Estas labores de mantenimiento pueden ser diversión en buen tiempo, pero en general habrá que subir a "replegar velas" con tormenta y en invierno, y la labor puede resultar bastante ingrata. Es prácticamente imposible de automatizar y a pesar de la imagen tan bella que tiene, no la recomendamos en pequeños molinos domésticos.

Funciona con vientos de hasta 30 - 40 Km/h y en lugares con brisas regulares y suaves. En caso de rotura, sólo caerán palos y pedazos de lona...

Si quieres hacer una hélice de este tipo, puedes ver el modo de construirla en el libro "la casa autosuficiente" de Brenda y Robert Vale (ver "bibliografía").

66

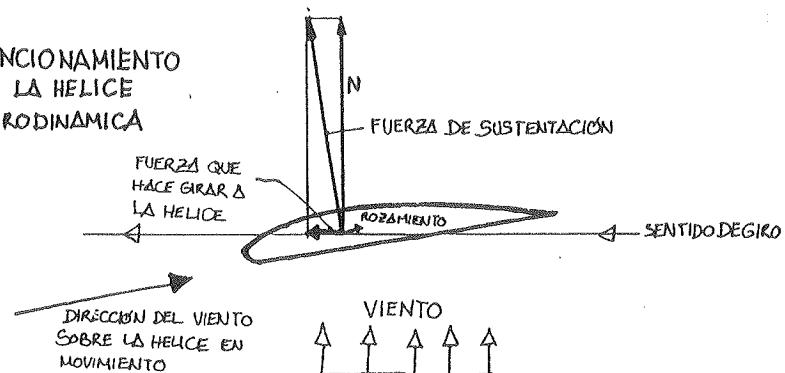
HELICE AERODINAMICA

Se empezaron a utilizar en aerogeneradores a principios de este siglo por tener una mayor velocidad de rotación ($u/v = 5$ a 7) que permitía acoplar el generador con poca multiplicación o simplemente en directo.

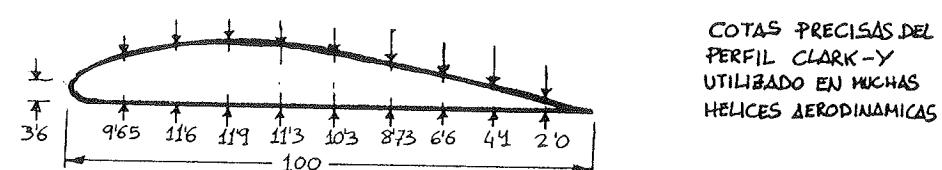
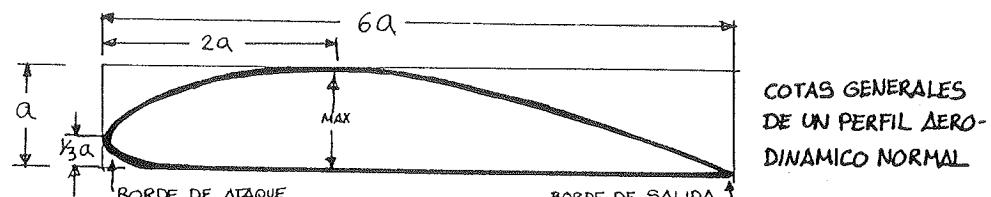
La hélice aerodinámica tiene un buen rendimiento energético ($C_r = 0,45$) por lo que se obtiene la misma energía que la multipala con menos diámetro,

Funcionan por el mismo principio que permite volar a un pájaro: la sustentación.

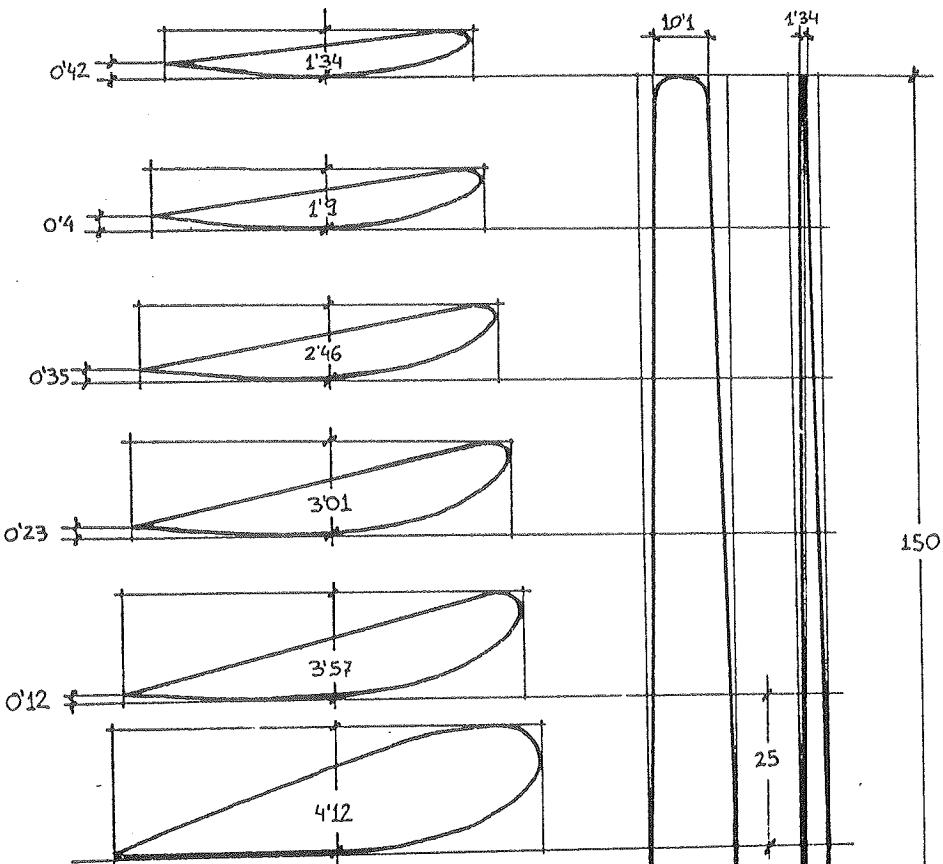
FUNCIONAMIENTO DE LA HELICE AERODINAMICA



Se utilizan preferentemente perfiles plano convexos por ser los más adecuados. Los perfiles más usados son NACA 4415 y CLARK Y. La cara plana es la que mira al viento.



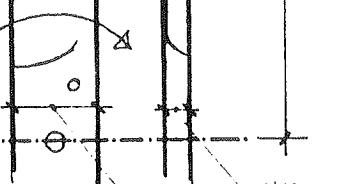
DESARROLLO PERFILE ESTRECHO



COTAS EN CENTIMETROS

LAS COTAS CORRESPONDEN A UN DIAMETRO DE 3 m Ø PERO ESTE DESARROLLO SIRVE PARA CUALQUIER DIAMETRO CON TAL DE VARIAR PROPORCIONALMENTE TODAS LAS MEDIDAS.

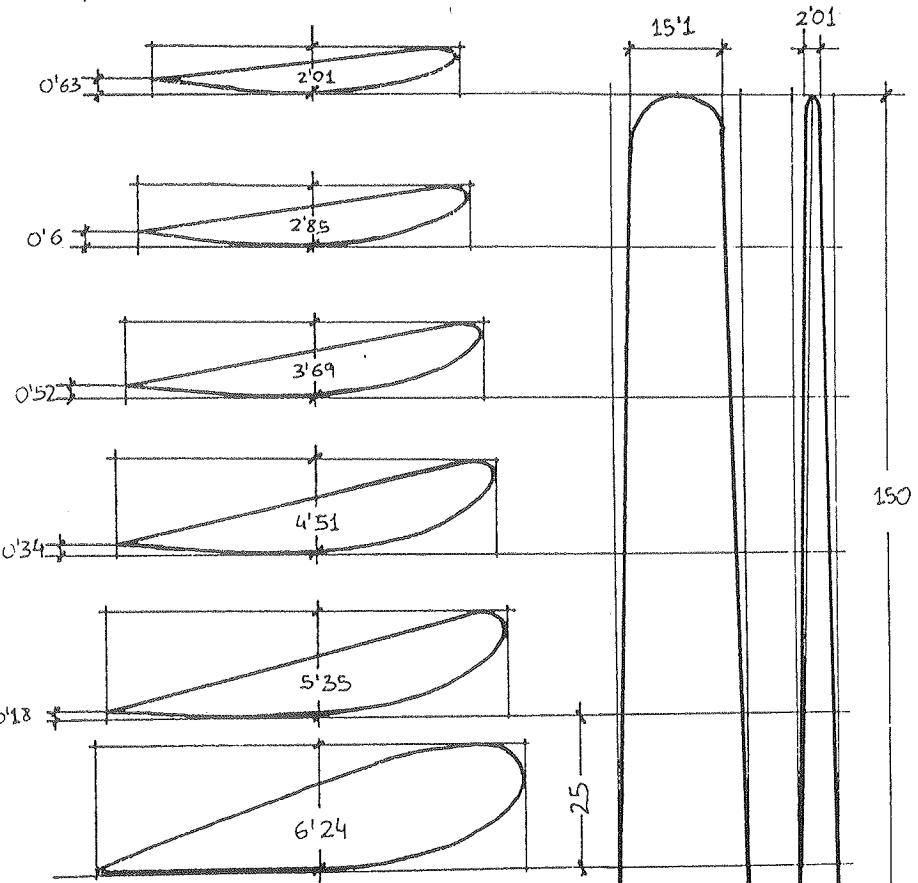
POR EJEMPLO PARA 6 m Ø MULTIPLICAREMOS TODAS LAS COTAS POR 2.



MAXIMA ANCHURA Y GROSOR

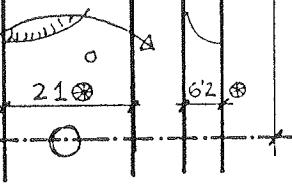
La desventaja de estas hélices es que se deben hacer con más esmero y precisión que la multipala. Se deben equilibrar con mucho cuidado para que al girar a velocidad, no produzcan vibraciones destructoras. Debes tener en cuenta que una hélice de estas, llevará en el extremo una velocidad de 150 a 300 Km/h, y a esta velocidad, un kilogramo situado en la punta ejerce una fuerza centrífuga de unos 600 Kp para una hélice de 2 m Ø. Afortunadamente, una hélice bipala de 2mØ, pesa sólo unos 2 Kg en total, y el extremo es muy ligero. Por esta razón hay que colocar sistemas que limiten la velocidad de giro ya que la hélice puede embalarse (u/v mayor de 12) si no se emplea algún sistema de regulación de los que se describen más adelante.

DESARROLLO PERFILE ANCHO



COTAS EN CENTIMETROS

LAS COTAS CORRESPONDEN A UN DIAMETRO DE 3 m Ø PERO ESTE DESARROLLO SIRVE PARA CUALQUIER DIAMETRO CON TAL DE VARIAR PROPORCIONALMENTE TODAS LAS MEDIDAS.



⊗= ANCHURA Y GROSOR MAXIMOS

Otra desventaja de estas hélices es el poco par de arranque que tienen cuando están paradas. Cuando se acoplan hélices aerodinámicas, se debe construir el molino de modo que no exista apenas resistencia al arranque. Las hélices tripala tienen algo más par de arranque que la bipala, y éstas son algo más rápidas que la tripala.

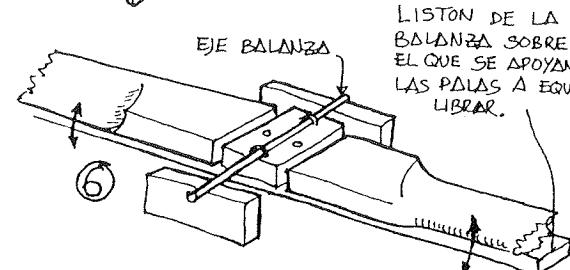
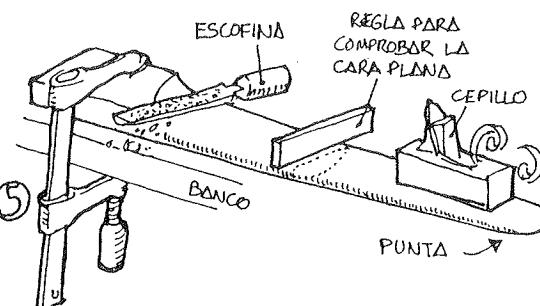
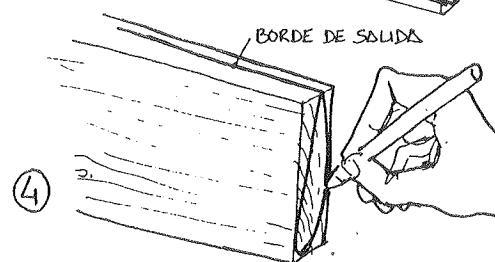
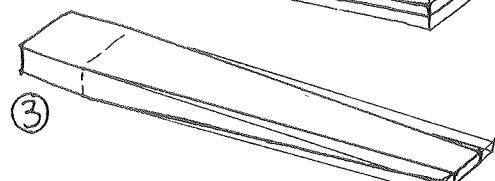
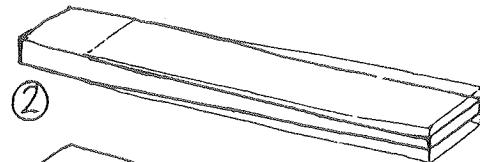
La casuística de rotura de hélice aerodinámica tanto en aparatos autoconstruidos como comerciales es abundante, por lo que son necesarias todas las precauciones. Un eje mal sujetado, débil, o la falta de equilibrado pueden dar al traste con el molino.

De todo modo, existen miles de molinos con hélices de este tipo en perfecto funcionamiento. Se trata de hacer las cosas a conciencia.

CONSTRUCCIÓN PRÁCTICA

DE HELICES
TRIPALAS

ANCHURA Y GROSOR MÁXIMOS
DEL DESARROLLO



PARA CONSTRUIR CADA PALA DE LA HELICE DEBEMOS PARTIR DE TABLAS DE LA MISMA MADERA. LA MADERA PUEDE SER DE PINO, CEDRO, EUCALIPTO, FRESNO, NOGAL, ROBLE AMERICANO... PERO ANTE TODO DEBE SER LIMPIA, SIN NUDOS Y SECA.

MARCAMOS LO QUE HAY QUE REBOJAR Y QUITAMOS LAS CUÑAS QUE SOBRAN CON UN CEPILLO A MANO O EN UN TALLER CON UNA CEPILLADORA PARA IR MAS RÁPIDOS

SE DIBUJA EN LA TESTA EL PERFIL AERODINAMICO TENIENDO EN CUENTA EL SENTIDO DE GIRO Y EL BORDE DE SALIDA SEGUN LAS COTAS DEL DESARROLLO (EL DIBUJO CORRESPONDE A UNA HELICE QUE GIRE A DERECHAS)

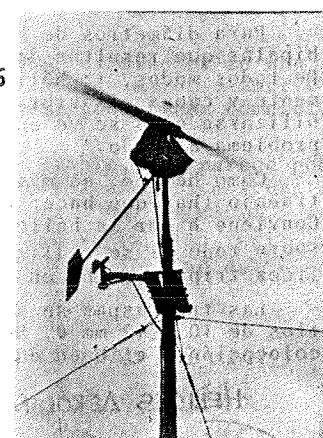
AHORA QUEDA UN BUEN TRABAJO DE CEPILLO Y RASP A HASTA DEJAR TODO DESBASTADO SEGUN LAS COTAS DEL DESARROLLO. HAY QUE TENER ESPECIAL CUIDADO EN EL BORDE DE ATAQUE SALIDA Y PUNTA PARA QUE EL ROZAMIENTO AERODINAMICO SEA MÍNIMO.

UNA VEZ DADA LA FORMA SE DEBEN EQUILIBRAR LAS PALAS DOS A DOS CON UNA SENCILLA BALANZA. SE DEBE REBAJAR A LA PALA QUE MAS PESE HASTA QUE QUEDA BIEN HORIZONTAL. DESPUES DE ESTO SE LIJA BIEN Y SE PINTA O BARNIZA.



TRIPALA AUTOCON-
TRUIDO FRANCES
DE 5 m³

BIPALA ESTAB-
LIZADA EN
ACCION.
ESTAS HELICES
SON MUY RAPI-
DAS Y AL GIRAR
NO SE VEN



No debe creerse que una hélice aerodinámica es un trabajo de absoluta precisión. Pueden existir pequeñas diferencias en grosor, anchura o forma del perfil entre las aspas, pero si la hélice está perfectamente equilibrada, funcionará bien.

Entre los materiales más adecuados para la fabricación de hélices a nivel artesanal está la madera y la fibra de vidrio. Los dos materiales son muy ligeros y resistentes a la fatiga. Proponemos hacer las hélices de madera porque es fácil de trabajar y accesible a todos. La madera se debe barnizar o pintar, cuidadosamente para lograr una larga duración. Se aplican varias manos. Las primeras muy rebajadas, para que cale bien y se impregne la madera, y las últimas sin rebajar. Antes de aplicar la primera mano, conviene humedecer con agua la hélice con una esponja, y dejarla secar para que saque el repelo. Despues se le da una mano de lija fina para quitar el repelo. Anualmente, se debe dar un repaso de barniz o pintura a la hélice, insistiendo en el borde de ataque y la punta que son los que más erosión sufren. Los barnices y pinturas que se empleen deben ser "de exteriores" y "marinas", de máxima calidad.

Si has trabajado la fibra de vidrio, puedes forrar la madera con una fina capa de fibra (sobre todo el borde de ataque), logrando así un acabado más duradero que el barniz.

Hay muchos fabricantes de aerogeneradores que utilizan hélices de madera (ElektroGmbH, AeroPower, Jacobs, Sencenbaugh, Winco, Gemz, ...) para diámetros de hasta 10-14 metros.

Las maderas más utilizadas son el abeto, el cedro y el pino, pero también puede utilizarse el roble americano, fresno, nogal, etc. Ante todo la madera no debe tener nudos y debe estar bien seca.

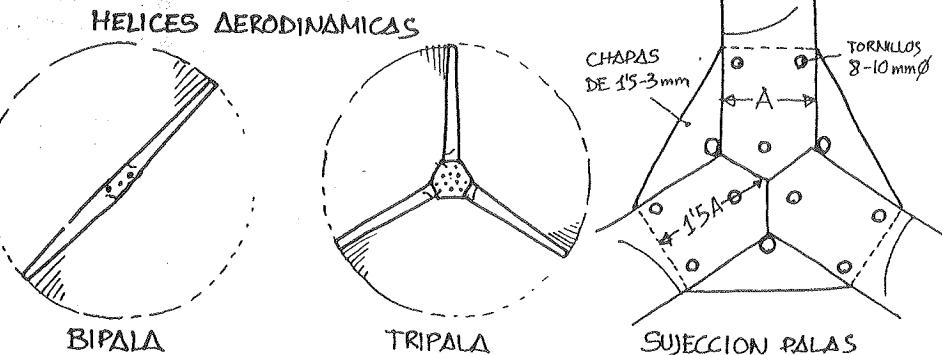
Para construir hélices aerodinámicas, basta seguir las medidas del desarrollo de la hélice y trabajar duro y fino con la raspa y el cepillo. Se debe comprobar con una regla que la cara plana del perfil queda bien hecha. El borde de ataque es redondeado, nunca afilado. El borde de salida no debe afilarse en exceso, como si fuera un cuchillo, porque se debilita. Es mejor dejarlo algo más torpe y redondeado.

Damos dos desarrollos de hélice; uno más estilizado (desarrollo estrecho), que funcionará bien siempre que el arranque del molino sea muy suave, y otro perfil algo más grueso (desarrollo ancho), más sólido y con mayor par de arranque, pero algo más pesado (más esfuerzos sobre el molino). Ambos tienen un rendimiento muy bueno, y un factor u/v comprendido entre 5 y 9 (normalmente 6).

Para diámetros de hasta 3,6 m, se utilizan generalmente hélices bipalas que resultan de trabajar un tablón de las medidas adecuadas. De todos modos, la hélice bipala no está compensada giroscópicamente y causa más vibraciones que la tripala. La bipala puede estabilizarse como se ve en "regulación: desorientación" reduciendo el problema aludido.

Como hélice, es más perfecta la tripala, pero lleva algo más trabajo (hay que hacer una pala más y montarlas en un disco central). Conviene hacer la hélice tripala en molinos de más de 2,5 m Ø, y sobre todo si se realiza la regulación por desorientación. Las hélices tripala se hacen siempre a partir del desarrollo estrecho.

Las tres aspas se sujetan entre dos chapas fuertes con tornillos de 10 ó 12 mm Ø. Se debe cuidar la perfecta simetría en la colocación y el buen equilibrado al igual que en las bipalas.



Cuando se coloca la hélice (sea del tipo que sea) en el molino, se debe cuidar que gire en un plano perfectamente perpendicular al eje. De lo contrario, surgirán vibraciones ya que la hélice en rotación tiende a colocarse en este plano.



Nota: las hélices de avión o de grandes ventiladores, no funcionan bien para aerogeneradores, por la sencilla razón de que las de avión están hechas para mover aire, y las de los molinos para ser movidas por el aire. Caso de instalarlas, funcionan con el borde de salida para ataque, y el de ataque para salida. El rendimiento es bajo y los diámetros generalmente pequeños. No recomendamos su uso. Es siempre mucho mejor hacerlas según los desarrollos que damos en el cuaderno.

Como verás a lo largo del cuaderno, todos los diseños se dan para hélices de calado fijo, aun en los molinos de mayor diámetro. La regulación por frenos aerodinámicos es casi tan eficaz como el paso variable, pero mucho más sencilla.

La regulación de velocidad por calado variable, nos parece poco viable a nivel autoconstructor y excesivamente tecnológico (cuantas más complicaciones, mayores averías).

En la tabla 12 indicamos la potencia y revoluciones de hélices aerodinámicas de diferentes diámetros, según la velocidad del viento.

HELICE AERODINAMICA

DIÁMETRO	VELOCIDAD DEL VIENTO				
	2'2 8	4'4 16	6'6 24	8'8 32	11'1 40
1'2	2 211	19 422	64 633	150 844	300 1055
1'8	5 140	42 281	140 422	340 562	660 703
2'4	10 105	75 211	260 316	610 422	1180 527
3	15 84	120 162	400 253	950 338	1840 422
3'6	21 70	170 140	540 211	1360 281	2600 351
4'2	29 60	230 120	735 180	1850 241	3630 300
4'8	40 52	300 105	1046 158	2440 211	4740 263
5'4	51 47	375 94	1320 140	3060 187	6000 234
6	60 42	475 84	1600 126	3600 168	7360 211
6'6	73 38	580 76	1940 115	4350 153	8900 191
7'2	86 35	685 70	2300 105	5180 140	10.650 175

TABLA 12.

$$\begin{array}{c} \boxed{260} \leftarrow \text{POTENCIA EN WATIOS} \\ \boxed{316} \leftarrow \text{RPM (CON } \frac{U}{V} = 6 \text{)} \end{array} \quad \left(Cr \text{ HEUCE} = 0'45 \right) \quad \left(\text{MULTIPLICACION-GENERADOR} = 0'65 \right) = 0'3$$

HELICE TRADICIONAL

Es la que todos hemos visto, aunque sea en foto, en todos los molinos tradicionales de la Mancha o de Holanda.

A pesar del paso de los años (siglos), éstas hélices siguen estando vigentes y no hay que despreciarlas simplemente por ser antiguas. Son hélices muy fuertes y especialmente aptas para trabajos mecánicos. Los casos de rotura de hélices, son mucho más frecuentes en los "avanzados" aerogeneradores de nuestro siglo.

El rendimiento energético ($C_r = 0,3$) es algo inferior a la hélice aerodinámica, pero basta con ampliar el diámetro para obtener la misma energía. Para una misma potencia, el diámetro debe ser 1,2, veces mayor que con la hélice aerodinámica.

Es una hélice relativamente lenta (factor de velocidad punta $u/v = 2$), pero más rápida que la multipala.

Estas hélices alcanzaron gran desarrollo en Holanda, donde llegaron a construir molinos de más de 25 m Ø y más de 50 CV.

Las hélices se pueden construir de madera y lona siendo fieles al diseño original, o bien con tubos o perfiles huecos de hierro soldados y lámina plana de fibra de vidrio para la vela.



LOS MOLINOS DE VIENTO
TRADICIONALES ALCANZARON
UNA GRAN PERFECCIÓN
TECNICA Y ESTÉTICA.
ESTE MOLINO HOLANDESE
TIENE MAS DE 25mØ

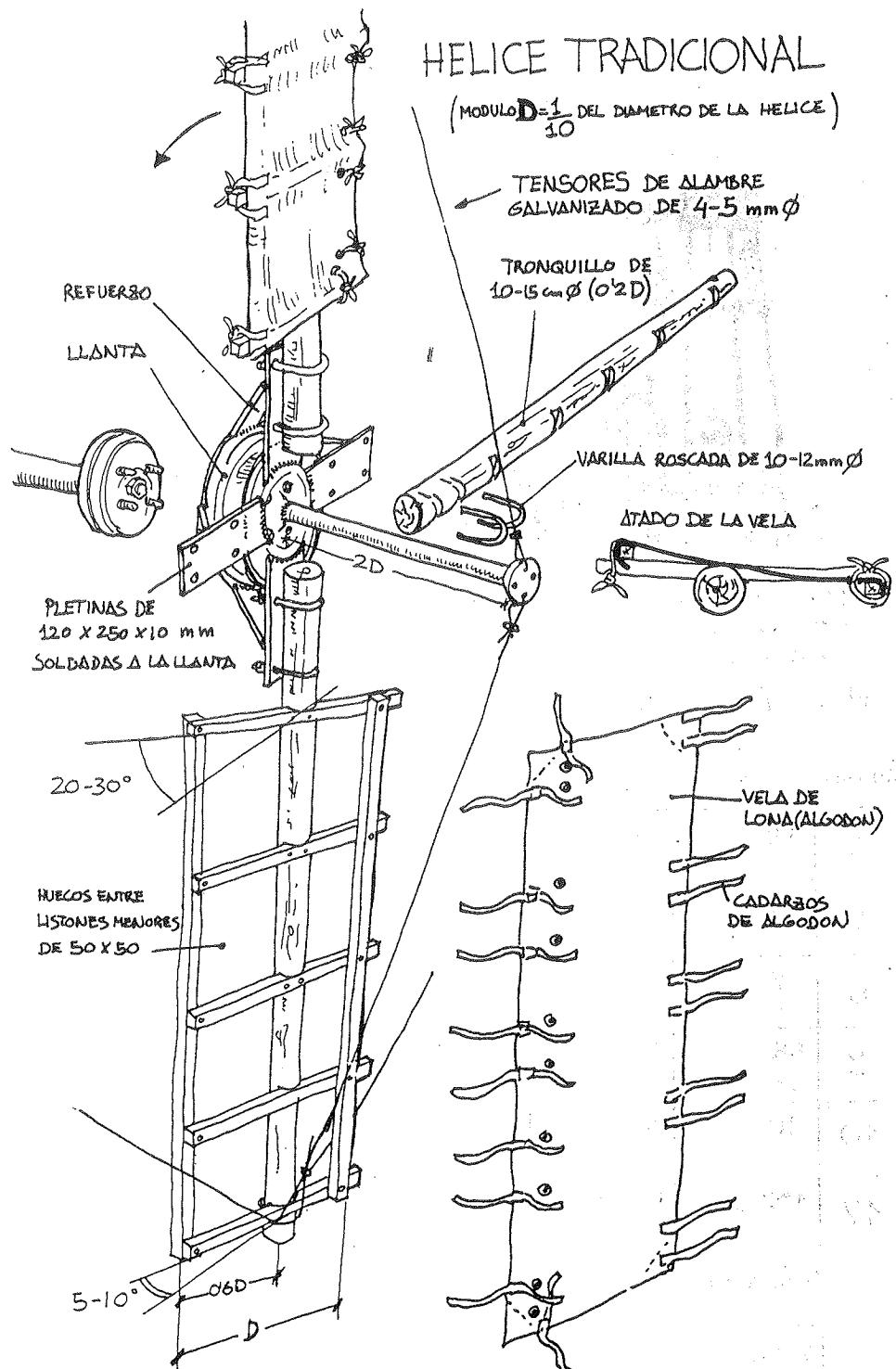
De todos modos, conviene que el diámetro sea mayor de 4 m para que la rotación sea calmada y llena de dignidad... Es una hélice especialmente indicada para los "nostálgicos", amantes de los valores perdurables.

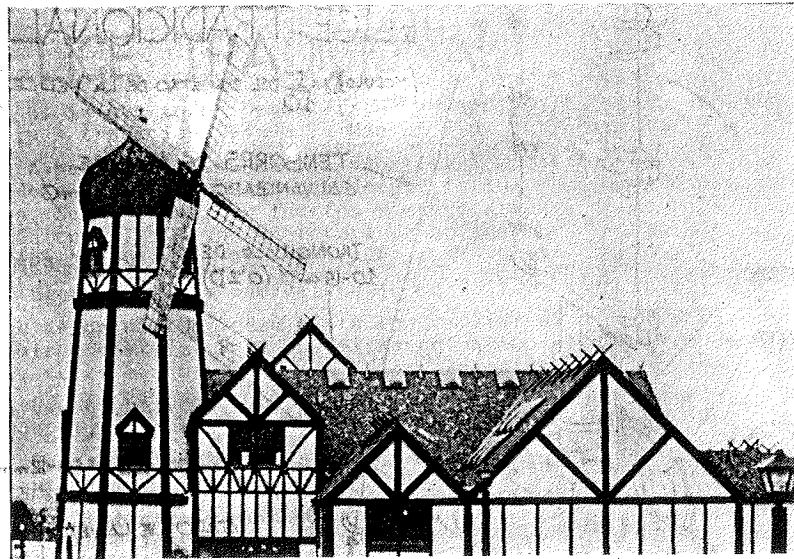
La construcción es sencilla, pero no debemos descuidar el gracioso alabeo de la vela a lo largo de la vara.

Aunque la mayoría de las hélices no tenían bauprés, y rigidización con cables, no estará de más que se lo pongamos.

HELICE TRADICIONAL

(MODULO $D = \frac{1}{10}$ DEL DIAMETRO DE LA HELICE)





ESTE BELLO MOLINO TRADICIONAL DE 14 mØ SE RESTAURÓ PARA PRODUCIR ELECTRICIDAD. AHORA DA 8 Kw CON 32 Km/h Y PUEDE AGUANTAR VIENTOS DE 200 Km/h.

HELICE TRADICIONAL

DIAMETRO	VELOCIDAD DEL VIENTO					m/s Km/h
	2'2	4'4	6'6	8'8	11'1	
4	14 21	140 42	450 63	1.100 84	2.200 105	
5	23 17	220 33	750 50	1.760 67	3.520 83	
6	32 14	310 28	1.050 41	2.465 56	4.930 70	
8	58 10	550 21	1.875 31	4.400 42	8.800 52	
10	90 8	860 17	2.925 25	6.860 33	14.000 42	
12	132 7	1.250 14	4.240 21	9.950 28	20.000 35	

TABLA 13

$$\begin{array}{l} \text{POTENCIA (EN WATIOS)} \quad (\text{Gr HELICE} = 0'3) \\ \boxed{1050} \quad \boxed{41} \quad \text{RPM (CON } \frac{u}{v} = 2) \end{array} \quad \left(\text{MULTIPLICACIÓN-GENERADOR } 0'65 \right) \rightarrow 0'2$$

CALCULO DE LA MULTIPLICACION

Es muy importante que entiendas bien este capítulo para que puedas diseñar y construir bien tu molino. Hay que señalar que en los diseños de molinos, no damos las multiplicaciones necesarias para los generadores. Esto se debe a que intervienen varios factores:

- Diámetro del molino
- Factor de velocidad punta $\frac{u}{v}$
- Velocidad nominal del viento
- Características del generador elegido: rpm de inicio de carga, rpm de potencia nominal.

Cada molino es diferente a los demás y se debe calcular de forma individualizada.

A pesar de que intervengan tantas variables, el cálculo es bastante fácil: basta proceder con orden:

1º.- Mediante la tabla 9 conocemos el diámetro del molino, según nuestro consumo y velocidad media del viento en nuestra zona.

2º.- Miramos el diámetro que nos interesa (o parecido), en la tabla correspondiente al tipo de hélice elegido (multipala, aerodinámica o tradicional).

3º.- Dibujamos una gráfica con los datos que figuran en esa fila de la tabla.

4º.- Determinaremos la producción de nuestro generador en un banco de pruebas.

5º.- Miramos la velocidad de rotación de la hélice para la velocidad nominal (7 m/s, léase 6,6 m/s) y vemos las revoluciones necesarias en el generador elegido para dar la potencia nominal (datos del banco de pruebas).

$$\text{Multiplicación} = \frac{\text{rpm generador para producción nominal}}{\text{rpm hélice para viento nominal}}$$

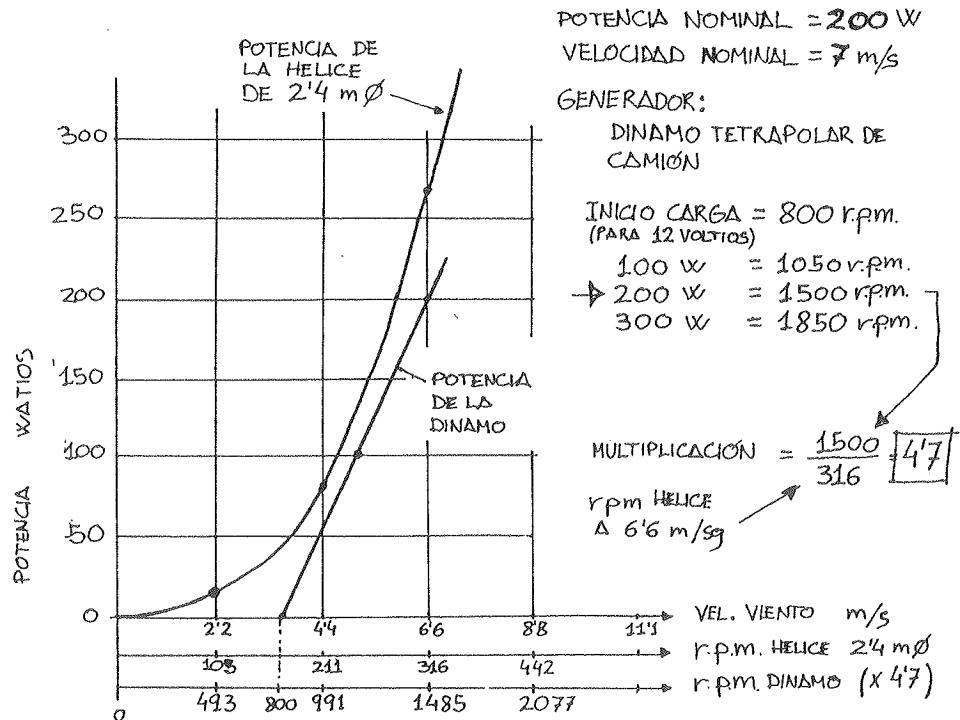
6º.- Dibujamos la gráfica de producción del generador de acuerdo con las revoluciones de la hélice, sobre la gráfica anterior (punto 3º). Si la gráfica del generador se mantiene a la par o por debajo de la hélice, está todo bien. Si por el contrario, la gráfica del generador invade a la de la hélice, exigiéndole más de lo que puede dar, deberemos reajustar el molino poniendo un diámetro mayor, sobre todo si se trata de hélices aerodinámicas.

Para aclarar lo anterior, damos un ejemplo práctico.

Nuestro consumo mensual estimado es de 30 Kw·h y la velocidad media del viento en nuestra zona es de 4 m/s. Consultamos la tabla 9 y encontramos que la potencia nominal del aerogenerador debe ser de 200 w. La hélice aerodinámica debe tener 2,2 m Ø y el molino producirá 44 Kw·h al mes. Si el generador es una dinamo que da 200 w a 1.500 rpm con inicio de carga a 800 rpm la multiplicación necesaria será:

$$\frac{1500}{316} = 4,7$$

Puesto que la gráfica de la potencia de la hélice sobrepasa con holgura a la del generador, podemos hacer la hélice de 2,2 m Ø. El aerogenerador tendrá un inicio de carga a unos 10 - 12 Km/h, tal como debe ser.



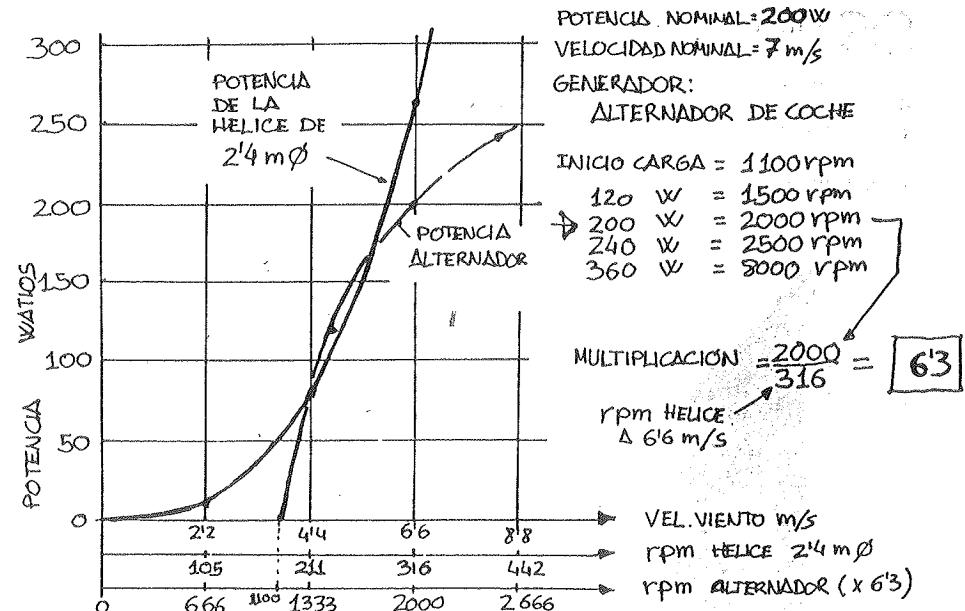
Si acoplamos a nuestro aerogenerador un alternador de coche típico con inicio de carga a 1.100 rpm y 200 w a 2.000 rpm, la multiplicación será:

$$\frac{2.000}{316} = 6,3$$

La gráfica del alternador invade una pequeña zona de la hélice de 2,40 mØ cuando la velocidad del viento es de unos 16 Km/h, por lo que no debemos poner una hélice de menos de 2,40 mØ.

En las hélices aerodinámicas, es necesario afinar, dentro de un margen. Las hélices no tienen nunca una velocidad de rotación fija. Para viento de una velocidad determinada, depende de la carga que tenga y de lo bien hecha que esté. El factor de velocidad punta $\frac{u}{v}$ puede oscilar entre 4 y 9 sin problemas, ajustándose a lo que pide el generador en cada momento. El único problema de la hélice aerodinámica es que no pueda entrar en régimen aerodinámico por pedirle demasiado el generador. En este caso, en vez de reducir la multiplicación, es mejor alimentar menos la intensidad de excitación del generador intercalando una bombilla entre el borne positivo y excitación del generador para elevar un poco el régimen de revoluciones de carga (ver "regulador del régimen de revoluciones").

En hélices multipala no es necesario afinar tanto, puesto que si nos hemos pasado algo en la multiplicación, la hélice irá un poco más despacio, con más fuerza (par) y sin problemas.



CUANDO SE UTILIZAN PARA MULTIPLICAR APARATOS COMO EL PUENTE TRASERO DE UN COCHE, LA MULTIPLICACIÓN TIENE UN VALOR FIJO Y NO SE PUEDE VARIAR.

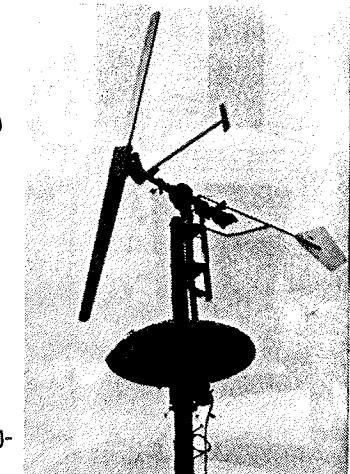
ENTONCES SE ACTUA SOBRE EL REGIMEN DE CARGA DE LA DINAMO PARA QUE SE AJUSTE A LA POTENCIA DE LA HELICE.

EL AEROGENERADOR DE LA FOTO DE 2'7 m Ø LLEVA ACOPLADO UN PUENTE TRASERO DE UN SEAT 124 (x 4,5) Y SUMINISTRA 250 W CON VIENTO DE UNOS 25 Km/h.

ESTE MODELO NO SE PROPONE EN EL CUADERNO DEBIDO AQUE NO ARRANCA SIN VIENTOS FUERTES.

LA HELICE AERODINAMICA TIENE POCO PAR DE ARRANQUE Y EL PUENTE TRASERO BASTANTE ROZAMIENTO (JUNTAS.....)

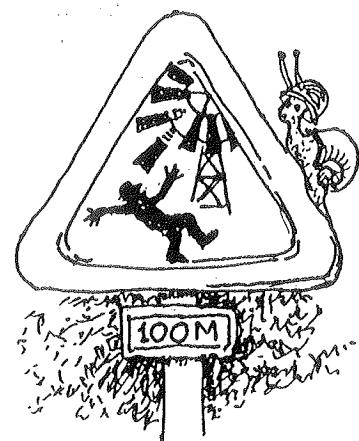
EL PROBLEMA SE SOLUCIONA EN PARTE MEDIANTE UN PULSADOR QUE PUENTE EL DIODO Y PERMITE QUE LA DINAMO ACTUE COMO MOTOR PARA QUE LA HELICE ENTRE EN REGIMEN.



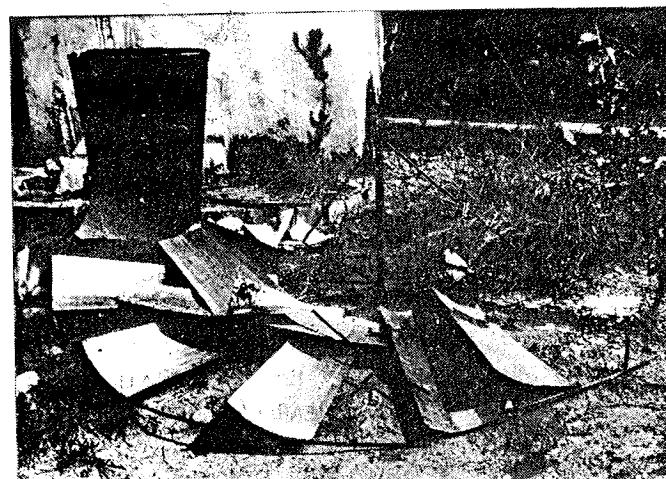
SISTEMAS DE REGULACION

Todo molino de viento, por pequeño que sea, debe tener sistemas que lo protejan del exceso de velocidad con vendavales, y que permitan pararlo de forma cómoda y eficaz cuando queramos.

Un molino sin ningún tipo de regulación, es muy probable que se rompa en el primer vendaval. SIN REGULACION, DESTRUCCION.



ESTA BIPALA SE ROMPIO POCOS MINUTOS DESPUES DE COLOCARLA EN UN MOLINO SIN NINGUN TIPO DE REGULACION NI PARADA.



AUN LAS RESISTENTES HELICES MULTIPALAS PUEDEN QUEDAR ASI CUANDO NO EXISTE NINGUN TIPO DE REGULACION

Desorientación

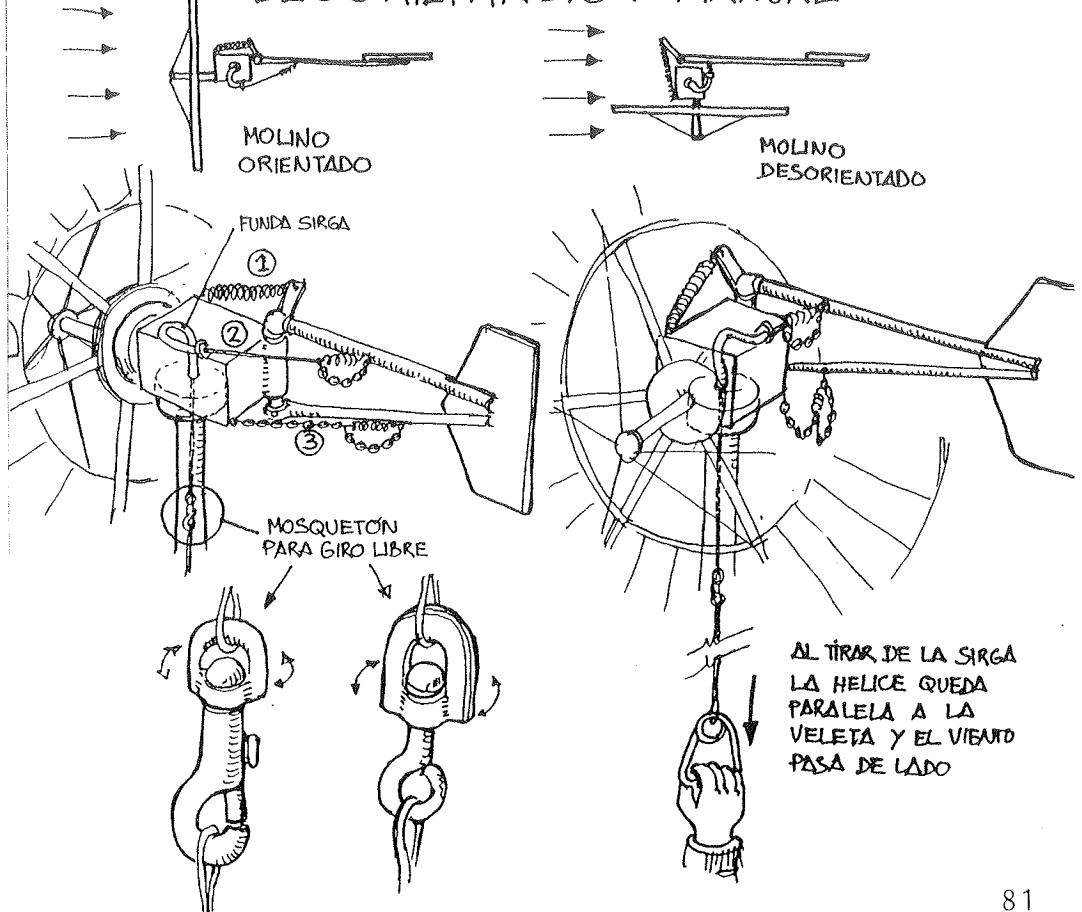
El sistema de regulación más sencillo y tal vez más eficaz, es la llamada desorientación. Consiste en girar el plano de la hélice hasta colocarlo paralelo a la veleta, y por lo tanto paralelo a la dirección del viento, de forma que el viento pasa de lado y no actúa sobre la hélice. Este movimiento puede hacerse manualmente y de forma automática.

DESORIENTACION MANUAL

La desorientación manual es el mejor sistema para detener un molino. Puedes ver el modo de accionamiento en el dibujo. La veleta se mantiene en su posición normal sujetada entre los muelles 1 y 3 que permiten la movilidad necesaria.

Al tirar de la sirga (2), la hélice se coloca paralela a la veleta. Esta sirga lleva un muelle duro en el extremo para que una vez desorientado, el anclaje no sea totalmente rígido ya que de lo contrario, una ráfaga puede romper la sirga, y entonces se pierde todo control sobre el molino. Por si fallan los muelles se colocan cadenas de seguridad.

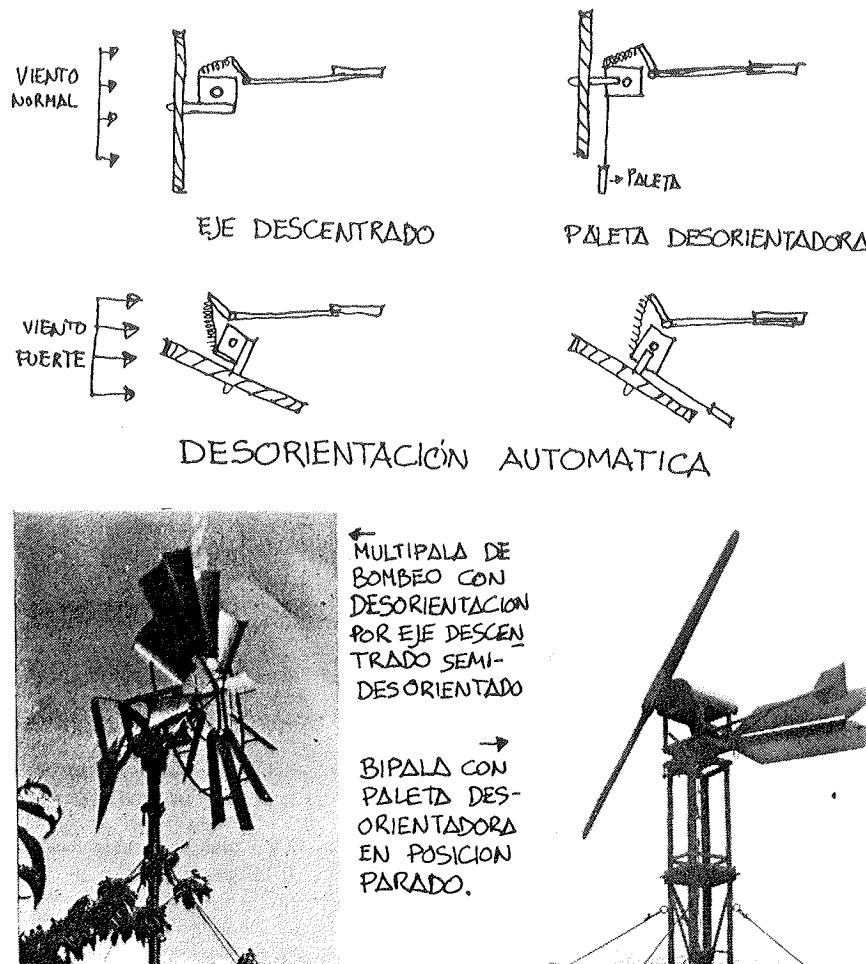
DESORIENTACION MANUAL



DESORIENTACION AUTOMATICA

El accionamiento automático se hace de forma muy sencilla bien colocando una paleta desorientadora, o bien desplazando el eje de giro de la hélice 6 a 10 cm con respecto del eje vertical sobre el que pivota el molino. Este último sistema, llamado desorientación por eje descentrado funciona debido a que la presión del viento sobre la hélice hace que ésta tienda a colocarse paralela al viento cuando la velocidad aumenta. Este sistema se debe usar siempre que sea posible, sobre todo con hélices aerodinámicas porque impide que se embalen.

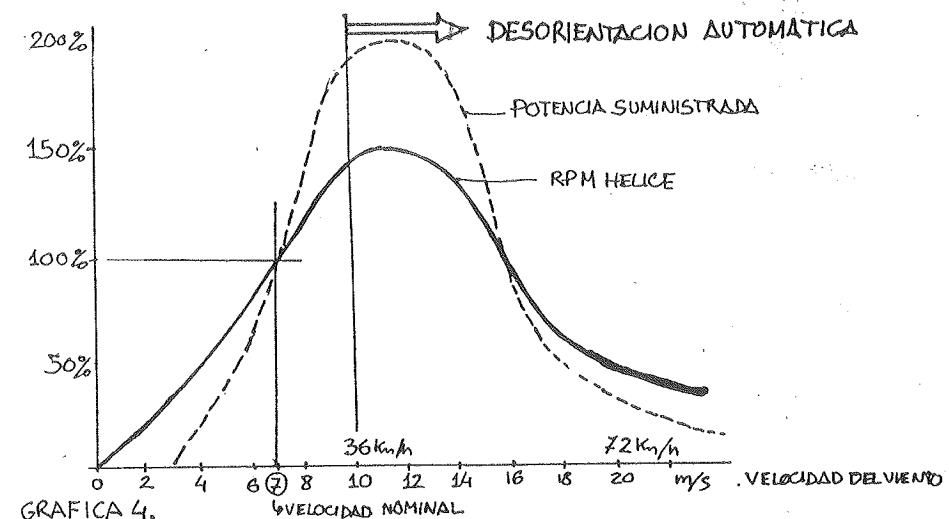
Cuando por construcción, el eje de la hélice queda justo encima del eje sobre el que pivota el molino, debemos colocar una paleta desorientadora. Cuando el viento es fuerte, la paleta tiende a desoriente a toda la hélice reduciendo su velocidad. La paleta debe sobresalir de la superficie barrida por la hélice y su tamaño debe ser la cuarta o quinta parte de la superficie de la veleta.



La desorientación automática debe "plegar" el molino en la misma dirección que lo haga la desorientación manual

La calibración de la desorientación, se hace atirantando más o menos el muelle 1 o cambiando la distancia del brazo en el que actúa el muelle. Esto se hace en la práctica.

La desorientación automática puede empezar a trabajar con viento de 9 - 11 m/s (32 - 40 Km/h), en los aerogeneradores con velocidad nominal de 7 m/s, con lo que la regulación de potencia y revoluciones conseguidas es la que aparece en la gráfica 4.



La desorientación automática, se ha empleado tradicionalmente en todos los multipalas de bombeo y en muchos aerogeneradores comercializados con óptimos resultados, y mínimo número de averías.

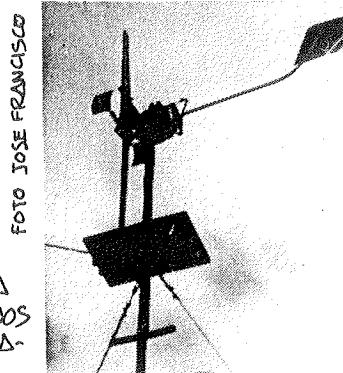
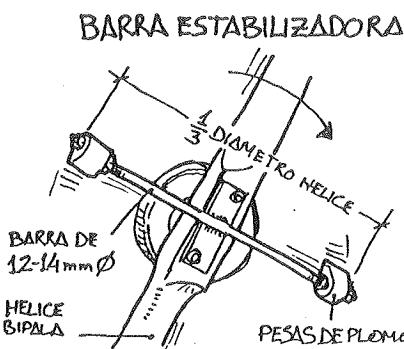
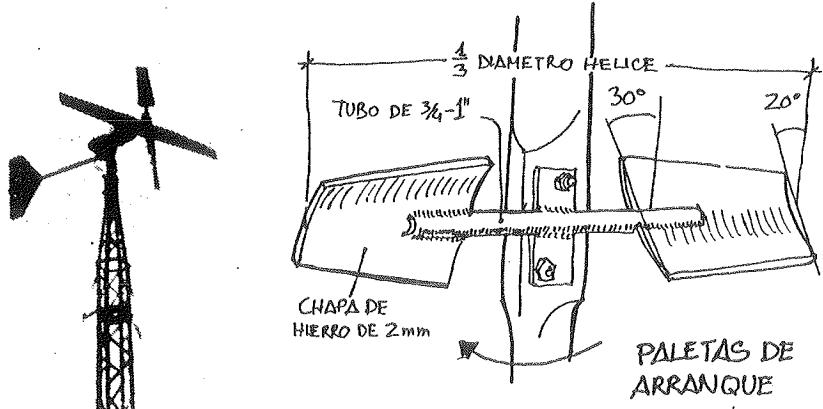
La desorientación supone un cambio del plano de giro de la hélice y esto produce fuerzas giroscópicas que deben ser suaves y regulares.

Para que este cambio de plano sea suave y sin saltos, la hélice debe tener simetría en los momentos de inercia respecto a cualquier eje de giro. Esto se traduce en emplear hélices multipalas, tradicionales, hélices aerodinámicas tripalas o bien, bipalas estabilizadas.

ESTABILIZACION DE HELICES BIPALAS

En los molinos con hélices bipalas es muy recomendable colocar una barra perpendicular a la hélice, con dos pesas en los extremos, para lograr esa estabilización. Si te has fijado, los helicópteros bipalas llevan unas barras estabilizadoras perpendiculares a la hélice. Aquí se trata de lo mismo. Entre las dos pesas, deben pesar aproximadamente tanto como la hélice.

También puede conseguirse el efecto de las pesas colocando unas pequeñas paletas fijas de hierro en la misma posición que la barra estabilizadora. Además de servir como estabilizador, las paletas nos proporcionarán un par de arranque mayor, que puede ser muy útil cuando haya problemas de arranque. Al girar no ofrecen resistencia.



Cuando se utiliza el freno aerodinámico para bipalas, pueden suprimirse las pesas, ya que el mecanismo del freno hace el efecto de éstas, además de frenar cuando hay demasiado viento.

Frenado de la hélice

Otro sistema de parada del molino consiste en frenar la hélice mecánicamente. Este procedimiento sólo se debe utilizar para producir la parada, y el molino deberá llevar siempre su sistema de regulación correspondiente (desorientación automática, freno aerodinámico...). De lo contrario el molino se romperá en el primer vendaval.

El freno sólo sirve para parar hélices aerodinámicas que una vez paradas tienen poco par de arranque. Si intentas frenar una hélice multipala, es muy probable que se rompa algo.

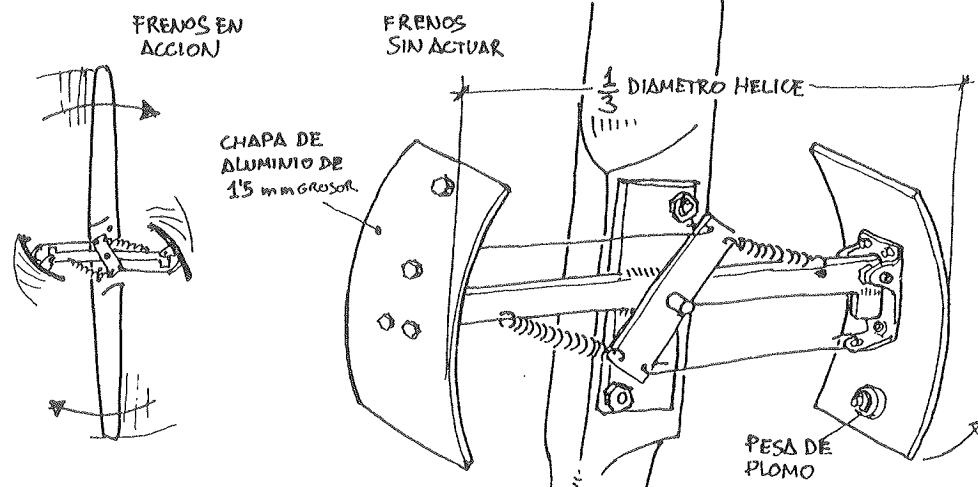
El freno mecánico no debe utilizarse NUNCA como sistema de regulación, porque desgastaremos muchos ferodos, paciencia, y calentaremos excesivamente el molino.

Freno aerodinámico

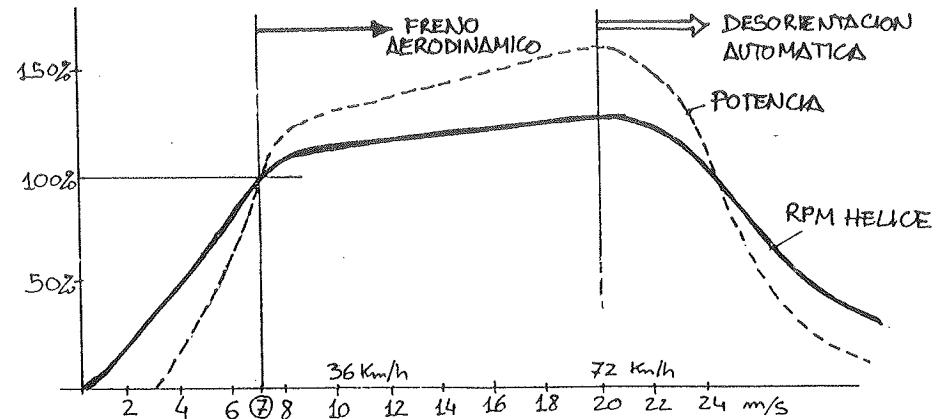
El único freno que sirve para regular la velocidad es el freno aerodinámico que no tiene desgastes. Se pueden hacer dos versiones, según sea la hélice aerodinámica bipala o tripala.

FRENO AERODINAMICO PARA BIPALAS

Se trata de un sencillo mecanismo que se emplea en aerogeneradores de hasta 4 mØ con hélices bipalas de inclinación fija y consiste en unas zapatas que ofrecen muy poca resistencia al viento en régimen normal, pero al aumentar la velocidad de rotación, se abren frenando la hélice, y sacándola del régimen de máximo rendimiento.



El freno aerodinámico es bastante efectivo para vientos de hasta 70-80 Km/h y conviene apoyarlo con una desorientación automática a partir de esta velocidad. Ver gráfica 5.



Todo el mecanismo se debe equilibrar con esmero y se calibra en la práctica variando la tensión de los muelles o al valor de las pesas de plomo. El área de cada zapata debe ser el 1% del área barrida por la hélice.

DIAMETRO HELICE (m)	2	2'5	3	3'5	4
TAMAÑO BAPATAS (cm)	15x20	18x25	22x30	26x35	30x40

TABLA 14.

Las zapatas se colocan a 1/3 del radio de la hélice.

FRENO AERODINAMICO PARA TRIPALAS

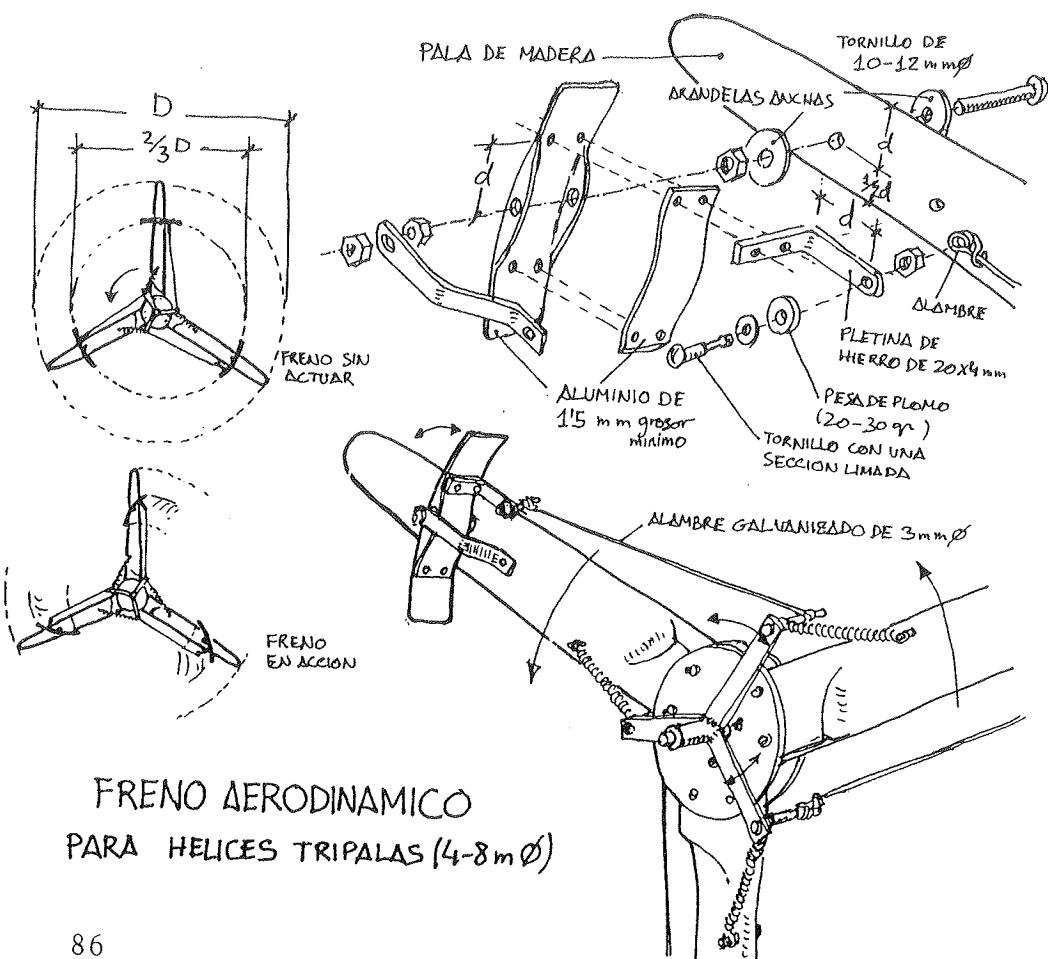
El freno aerodinámico es tanto más eficaz cuanto más lejos del centro esté, ya que así va más rápido y el rozamiento es mayor.

El tipo de freno que vamos a describir, actúa por un lado como simple resistencia (tipo bipala), pero por otro, reduce el área útil de la hélice, creando además una sustentación inversa. Por esto es más eficaz que el del bipala.

La regulación conseguida es muy fiable y bastante precisa. Cuando el viento va muy rápido, la hélice va perdiendo rendimiento aerodinámico puesto que el freno reduce el factor u/v por debajo del óptimo.

La construcción de la zapata debe ser resistente pero sin que ofrezca apenas rozamiento cuando no actúa. Las zapatas se colocan a $2/3$ del centro y deben tener cada una de ellas una superficie de $0,25 - 0,3\%$ del área barrida por la hélice.

Este sistema de regulación se recomienda para hélices tripalas de 4 a 8 m \varnothing por su fiabilidad.



Las tres zapatas van sincronizadas para impedir la aparición de trepidaciones. Todo el mecanismo montado en la hélice debe equilibrarse con cuidado como es regla en las hélices aerodinámicas.

DIAMETRO HELICE (m)	3	4	5	6	7	8
TAMAÑO ZAPATAS (cm)	30x6	40x8	50x10	60x12	70x14	80x16

TABLA 15.

El sistema se calibra en la práctica como el freno para bipala variando la tensión del muelle o el tamaño de las pesas de plomo.

Las zapatas deben comenzar a frenar a partir de 25 a 50 Km/h según la utilización del aparato (electricidad o calefacción).

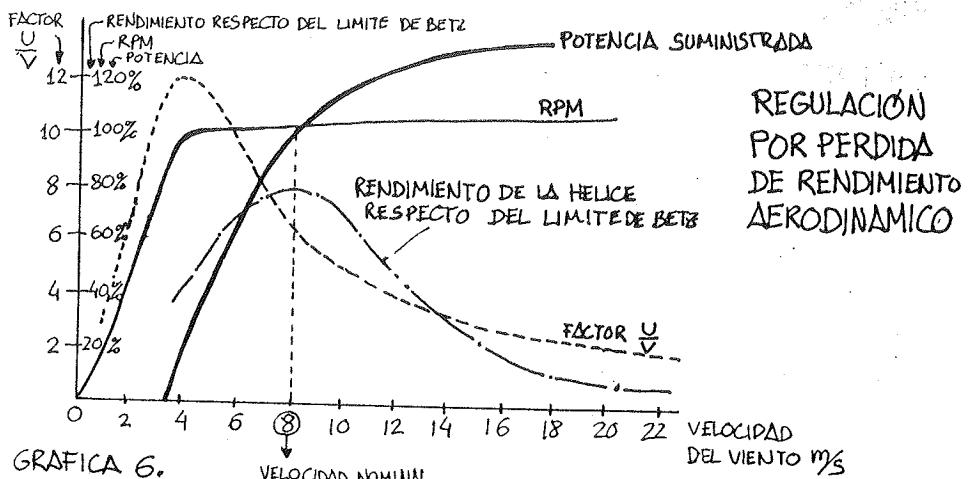
Regulación por pérdida de rendimiento

Este tipo de regulación se emplea cuando el generador es asincrónico (motor de inducción trifásico convertido en alternador), y la hélice aerodinámica. Este tipo de generador tiene un régimen de carga en el que sube la potencia sin apenas subir de revoluciones.

Este efecto se aprovecha para que la hélice aerodinámica no pueda aumentar de velocidad. Al ocurrir esto con vientos fuertes, el rendimiento de la hélice disminuye ya que disminuye el factor u/v , rebajándolo por debajo del óptimo.

Por lo tanto, el funcionamiento es sencillo: la hélice arranca en vacío, y alcanza la velocidad nominal con viento de $3 - 4$ m/s, con un factor u/v alto ($10-12$). Entonces comienza a generar el alternador y va aumentando la potencia producida mientras que la hélice sigue girando casi a la misma velocidad (ahora con un factor $u/v = 5-6$), y si aumenta la velocidad del viento, seguirá aumentando la potencia, pero el rendimiento de la hélice va bajando ya que el factor u/v baja a $2-3$.

Con este sistema, la velocidad de rotación es prácticamente constante. Para evitar el embalamiento de la hélice por si fallaran las conexiones del generador, la hélice debe tener frenos aerodinámicos y desorientación automática por eje descentrado.

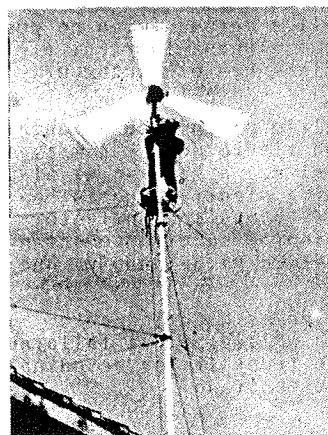


Helices de paso variable

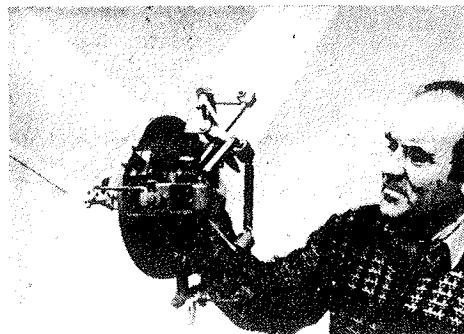
Un sistema de regulación de velocidad más complicado, pero más fino que los descritos hasta ahora, consiste en cambiar el calado de las palas para que el viento pase de largo sin acelerar la hélice. Las palas deben ir sujetas sobre ejes muy sólidos que permitan ese movimiento y además el sistema de pesos y muelles tiene que estar muy calibrado para que la maniobra se haga sin saltos.

Este sistema no es muy viable a nivel artesanal, y puesto que se trata de que el molino no se embale, da igual la forma en que lo logremos, con tal de que esté a nuestro alcance. Los frenos aerodinámicos son en este sentido casi tan eficaces, pero mucho más fáciles de poner en la práctica.

Tradicionalmente, los fabricantes de aerogeneradores más prestigiosos colocaban este mecanismo, pero actualmente, los fabricantes de aerogeneradores de 6 a 20 m Ø (Zephyr Wind Dynamo, Elteeco, WTG Systems, Grumman...) utilizan frenos aerodinámicos, flaps u otros de modo que toda la hélice está rígidamente unida al eje y bien arriostada. Por estas razones, no recomendamos el paso variable en ninguno de los molinos propuestos.



LAS HELICES DE PASO VARIABLE SIEMPRE TIENEN MECANISMOS COMPLEJOS Y PRECISOS SOLO ACCESIBLES A GENTE MUY HABIL.



FOTOS SALVADOR.

BUJES Y OTRAS PIEZAS

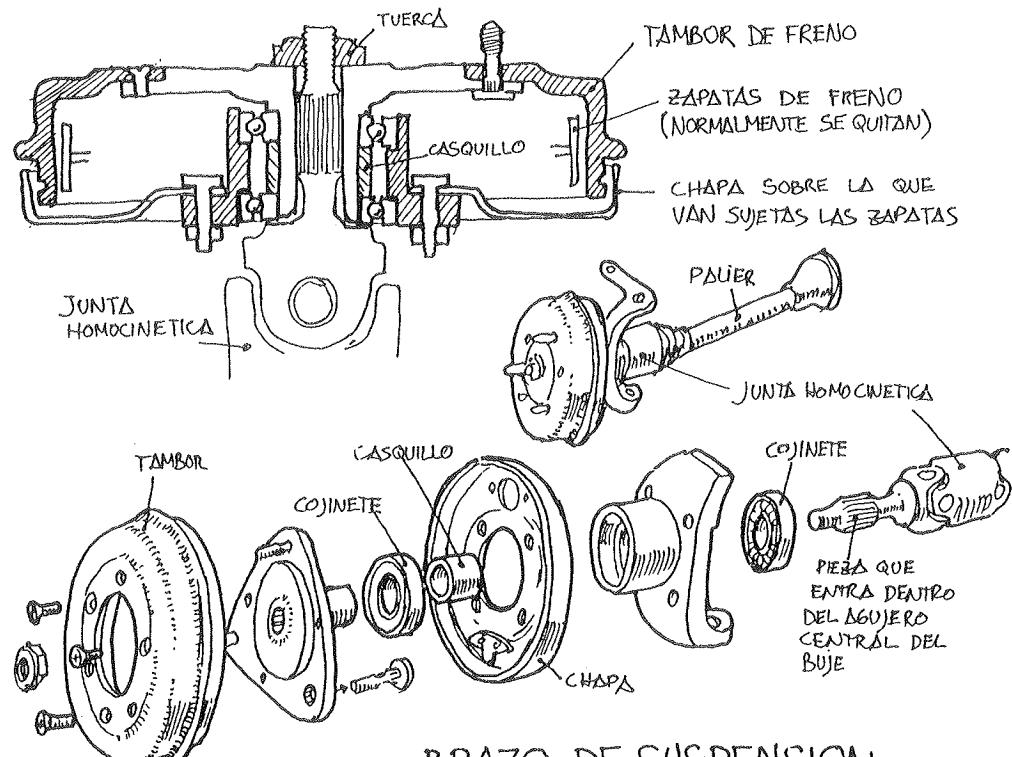
Uno de los elementos básicos para la construcción de los diferentes molinos son los bujes de ruedas de coche. Están hechos para trabajar en condiciones muy duras con importantes esfuerzos y vibraciones. Todos los bujes pueden servir para construir aparatos.

En los molinos de eje horizontal, se emplean uno para eje de la hélice y otro como eje y soporte sobre el que pivota todo el molino.

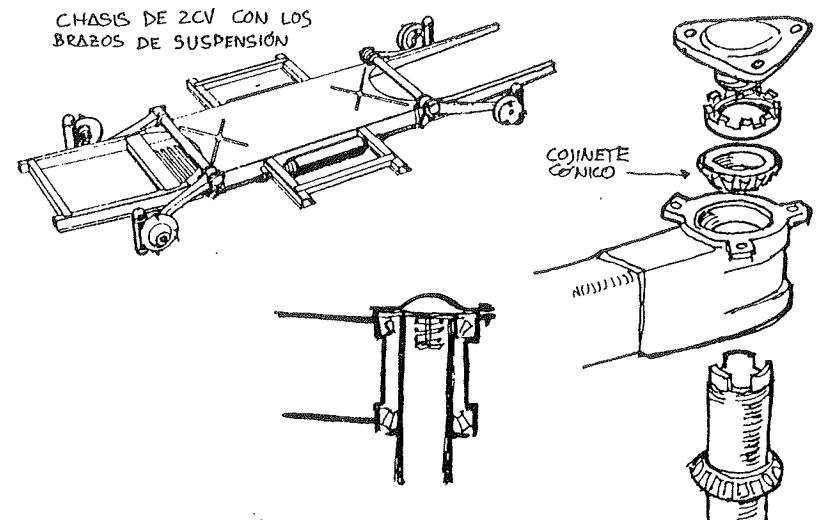
Para eje vertical está especialmente indicado el buje delantero del Renault 4 por tener un agujero central muy útil para echar cables, o bien para pasar la sirga de desorientación del molino. Este buje sirve para molinos de hasta 3,5 - 4 mØ y permite la bajada de corriente por escobilla con facilidad.

Para mayores diámetros utilizaremos el brazo de suspensión del Citroen 2CV, especialmente indicado para los molinos de gran diámetro por su indiscutible solidez. Además tiene un gran agujero central que nos permite bajar cables, desorientación, etc.

BUJE DELANTERO DE RENAULT-4



BRAZO DE SUSPENSION
DE CITROEN 2CV



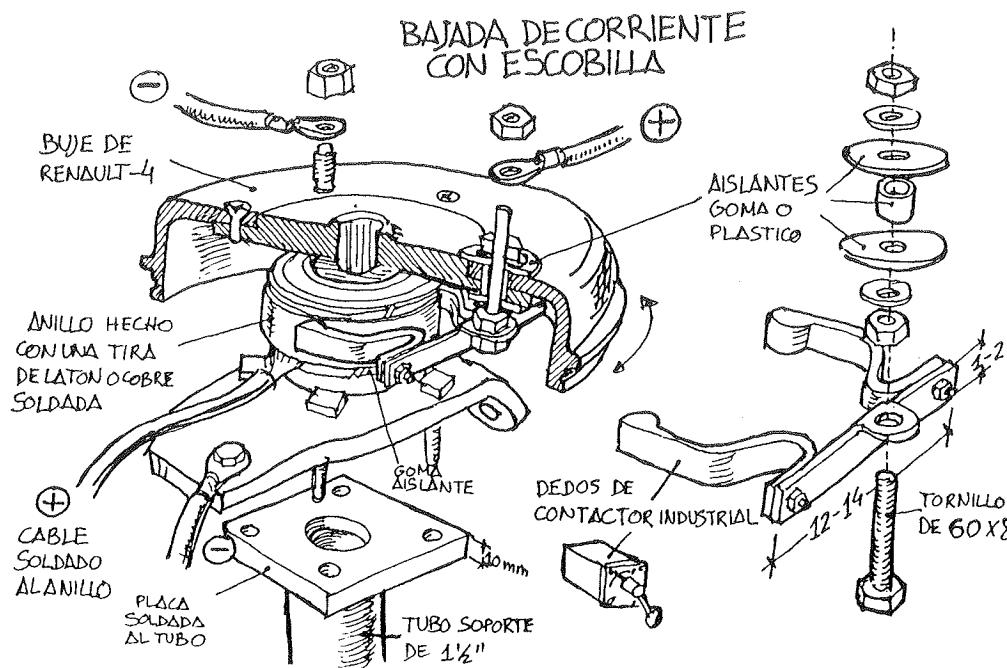
BAJADA DE LA CORRIENTE

Cuando hacemos un molino para generar electricidad, es necesario bajar la corriente generada hasta las baterías de forma que el molino tenga libertad de giro a todos los vientos. Es muy importante que esto sea así. Si colocamos un tope para impedir que de vueltas completas, tendremos averías y muchos problemas.

La solución más sencilla es dejar caer los cables sueltos por el agujero central del buje o del brazo de suspensión (2CV) y dejar que se enrollen y desenrollen. Normalmente, funcionará bien, pero suele ser necesario desenroscar de vez en cuando los hilos. Generalmente, bajaremos también por el eje la sirga de desorientación, y entonces pueden surgir mayores problemas de enroscamiento. Las mejores soluciones que hemos experimentado son las que explicamos a continuación:

BAJADA CON ESCOBILLA

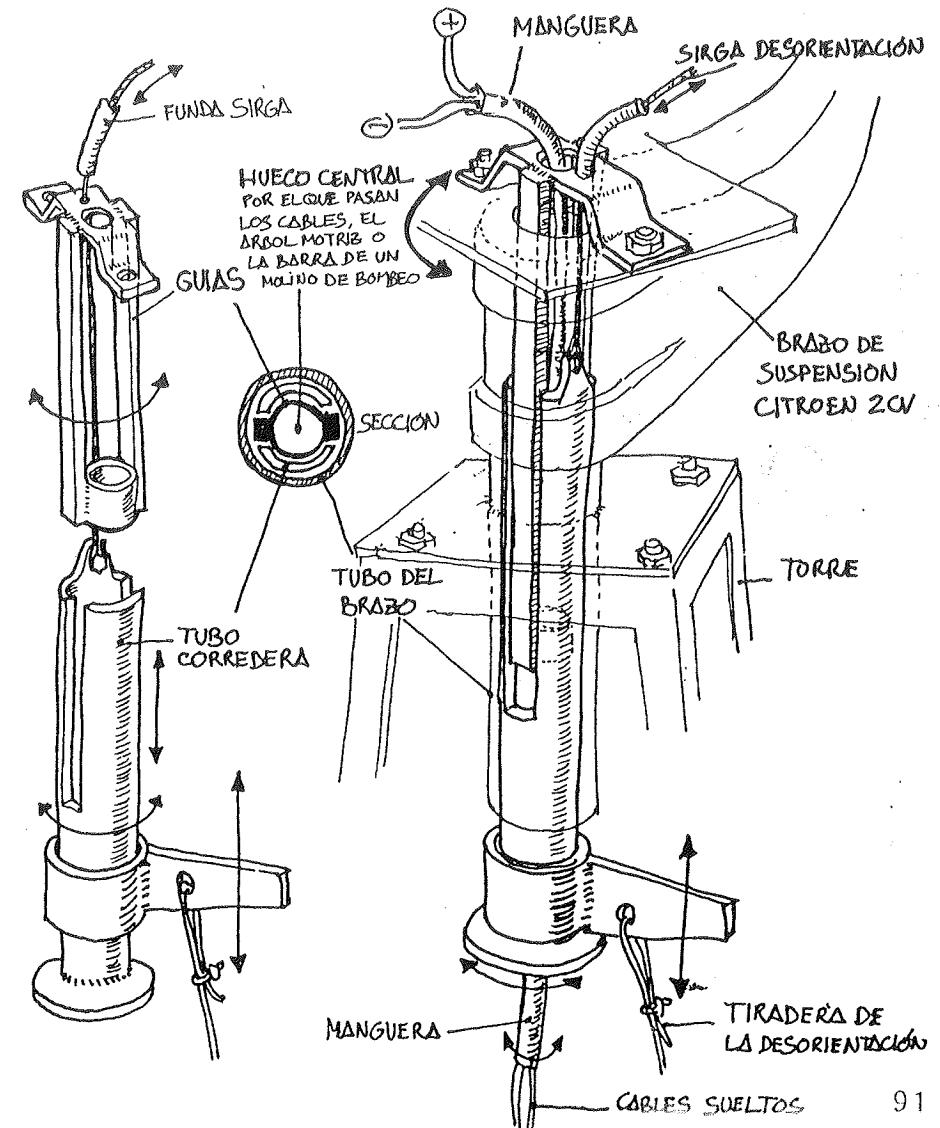
Esta bajada se emplea generalmente cuando el eje sobre el que pivota el molino es el buje delantero de Renault 4. Del molino se bajan dos cables: el borne positivo y el negativo. Es decir, en el propio aerogenerador irán los correspondientes diodos, regulador de voltaje, etc. El borne negativo, lo bajamos por masa, de modo que la corriente pase a través de los cojinetes del buje. Es recomendable limpiar la grasa de estos cojinetes para asegurar el paso de la corriente. El borne positivo, va aislado de masa y pasa a través de una escobilla y un anillo colocados en el buje. El anillo se hace con una tira de latón o cobre de 2×25 cm, puesta alrededor de una goma (cámara de neumático) y perfectamente soldada con estano para formar el aro.



Las escobillas que mejor resultados dan son las de viejos interruptores industriales de motores (conexión desconexión, o estrella-tríangulo). Son como dos dedos de cobre muy sólidos que permiten transmitir la corriente sin pérdidas. De este modo, el agujero central nos queda libre para la bajada de la sirga de desorientación del molino. El tambor del buje hace de "paraguas" y deja secos los contactos. Esta bajada no da problemas, y es muy buena para los molinos de hasta $3 - 4$ m Ø.

BAJADA SIN ESCOBILLA

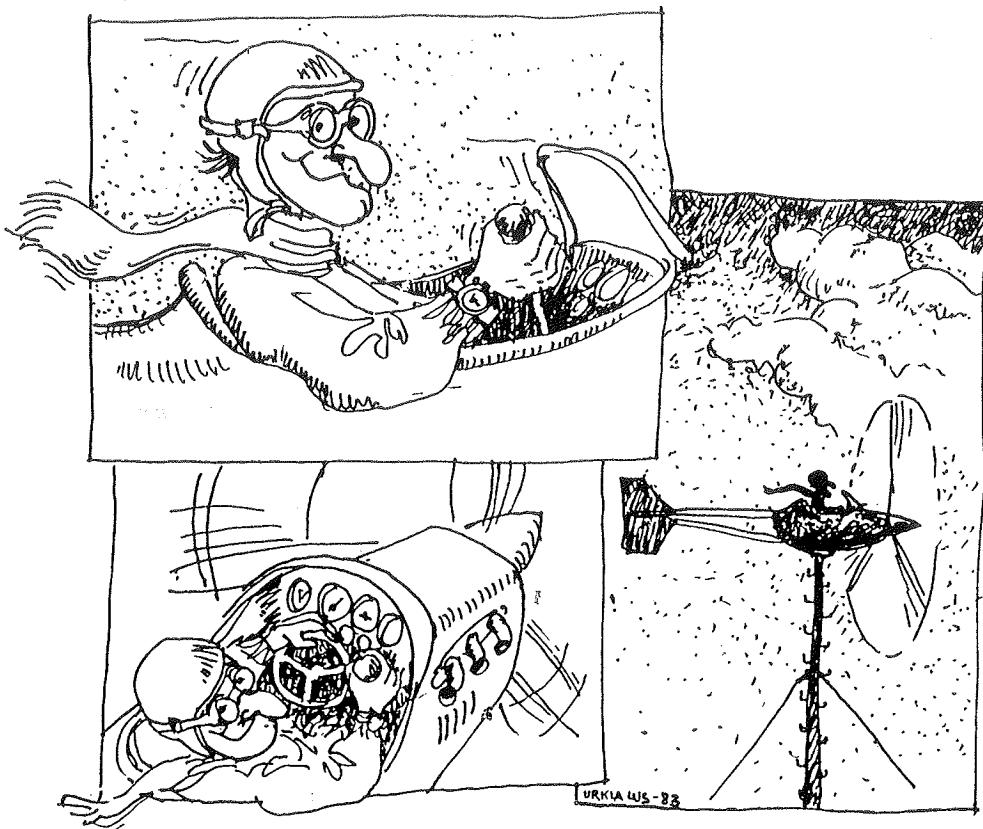
Este tipo de bajada está especialmente indicado cuando se utiliza el brazo de suspensión del 2CV. Se trata de utilizar el procedimiento de dejar que los cables se enrollen y desenrollen a lo largo de la torre.



Cuando bajamos dos cables, positivo y negativo, podemos hacer pasar el borne negativo por los cojinetes, dejando caer así un solo cable (el positivo) por el agujero.

Si el generador es un alternador asincrónico trifásico, bajaremos los tres cables por el hueco central, y colocaremos dentro de la casa los equipos necesarios (condensadores, diodos rectificadores, etc.).

Para realizar la bajada de la sirga de la desorientación, hay dos alternativas. Una consiste simplemente en dejarla caer hasta la base junto con los cables (solución algo chapucera pero bastante generalizada). La otra alternativa, mucho mejor, es hacer un sencillo mecanismo que independice la sirga de los cables. Este sistema funciona como una chaveta larga que permite subir y bajar la sirga pero no le deja enroscarse sobre los cables eléctricos. Si en tu pueblo hay algún viejo multipala americano de bombeo, puedes ver don detalle el mecanismo que funciona igual.



ELIGE TU MOLINO

ANTES DE CONSTRUIRTE TU MOLINO ELIGELO DESPACIO DE ACUERDO CON TUS NECESIDADES Y POSIBILIDADES

TIPO DE MOLINO	POTENCIA (W) DIAMETRO (m)	UTILIZACION Y OBSERVACIONES
MINI- -GENERADOR	4 - 6 W 0'6 mØ	TRABAJOS MANUALES PARA ESCUELAS CERCAS ELECTRICAS PARA GANADO SERVICIO NO MUY PESADO
MULTIPALA - MAGNETO	30 - 60 W 1'6 - 1'8 mØ	Luz para casas de fin de semana MANTENIMIENTO MUY REDUCIDO. ROBUSTO Y DURADERO
PANEMONA	50 - 100 W 4 mØ	BOMBEO . NO MUCHO CAUDAL, ESPECIAL PARA GRANDES PROFUNDIDADES. FUERZA MOTRIZ . MUY SENCILLO Y RESISTENTE.
ROTOR SAVONIUS	80 - 150 W 0'9 mØ	FUERZA MOTRIZ PARA BOMBEO Y ELECTRICIDAD EN CASAS DE FIN DE SEMANA CON PEQUEÑA HUERTA.
MULTIPALA BOMBEO	80 - 3000 W 2 - 8 mØ	BOMBEO DE CAUDAL MEDIO - ALTO PARA USOS AGRICOLAS. SENCILLO Y RESISTENTE
MULTIPALA CAJA DE CAMBIOS	80 - 350 W 2 - 3'5 mØ	Luz para casa habitada continuamente ROBUSTO Y DURADERO PERO ALGO DE RUIDO.
EJE DIRECTO	100 - 400 W 2 - 3 mØ	Luz para casa habitada continuamente . GENERADOR ESPECIAL LENTO, MUY SILENCIOSO.TECNOLÓGICO
AERO- -GENERADOR	100 - 1000 W 2 - 4 mØ	ELECTRICIDAD PARA CASA HABITADA CONTINUAMENTE . SENCILLO Y BASTANTE SILENCIOSO.
AEROMOTOR	500 - 15.000 4 - 10 mØ	FUERZA MOTRIZ (MOLER, SERRAR, BOMBEAR...) ELECTRICIDAD E INCLUSO CALEFACCION MUY ÚTIL PARA COMUNIDADES
SUPER- -GENERADOR	800 - 20.000 4 - 8 mØ	ELECTRICIDAD EN CANTIDAD PARA GRANDES COMUNIDADES. ELECTRICIDAD Y CALEFACCION PARA LA CASA.

ANEMOMETRO

Antes de instalar un molino de viento, conviene conocer la velocidad y características del viento en el sitio en que pensemos colocarlo.

Un buen estudio del viento a lo largo de un año, puede suministrar datos muy valiosos. Podemos saber la velocidad media anual, la media de cada mes, los períodos de calma, la velocidad máxima, datos que nos ayudarán mucho a la hora de dimensionar nuestros molinos.

La mayoría de las veces, los datos del Instituto Meteorológico Nacional, no se pueden extender a todo el terreno de alrededor. El viento tiene un comportamiento bastante microclimático y su velocidad se ve fuertemente afectada por la topografía.

Por todo esto, es bueno construirse un sencillo anemómetro que nos permita saber todo lo que necesitamos: velocidad instantánea, velocidad media y dirección del viento.

Partiremos de un velocímetro-cuentakilómetros de moto (vespa) o Citroën 2CV antiguo, por ser ambos los más pequeños y compactos que podemos encontrar en la chatarrería.

Nos aseguramos de que gira con suavidad, y le ponemos una hélice y una veleta tal como indica el dibujo. Las aspas se deben poder inclinar a voluntad, para calibrar el aparato. Normalmente bastará con dos aspas, pero podemos colocar más para mayor precisión.

Para calibrar el anemómetro, elegiremos un día de calma absoluta, lo colocamos sobre un tubo montado en el morro de un coche, de manera que reciba viento sin perturbar, y podamos ver la aguja del velocímetro desde dentro del coche.

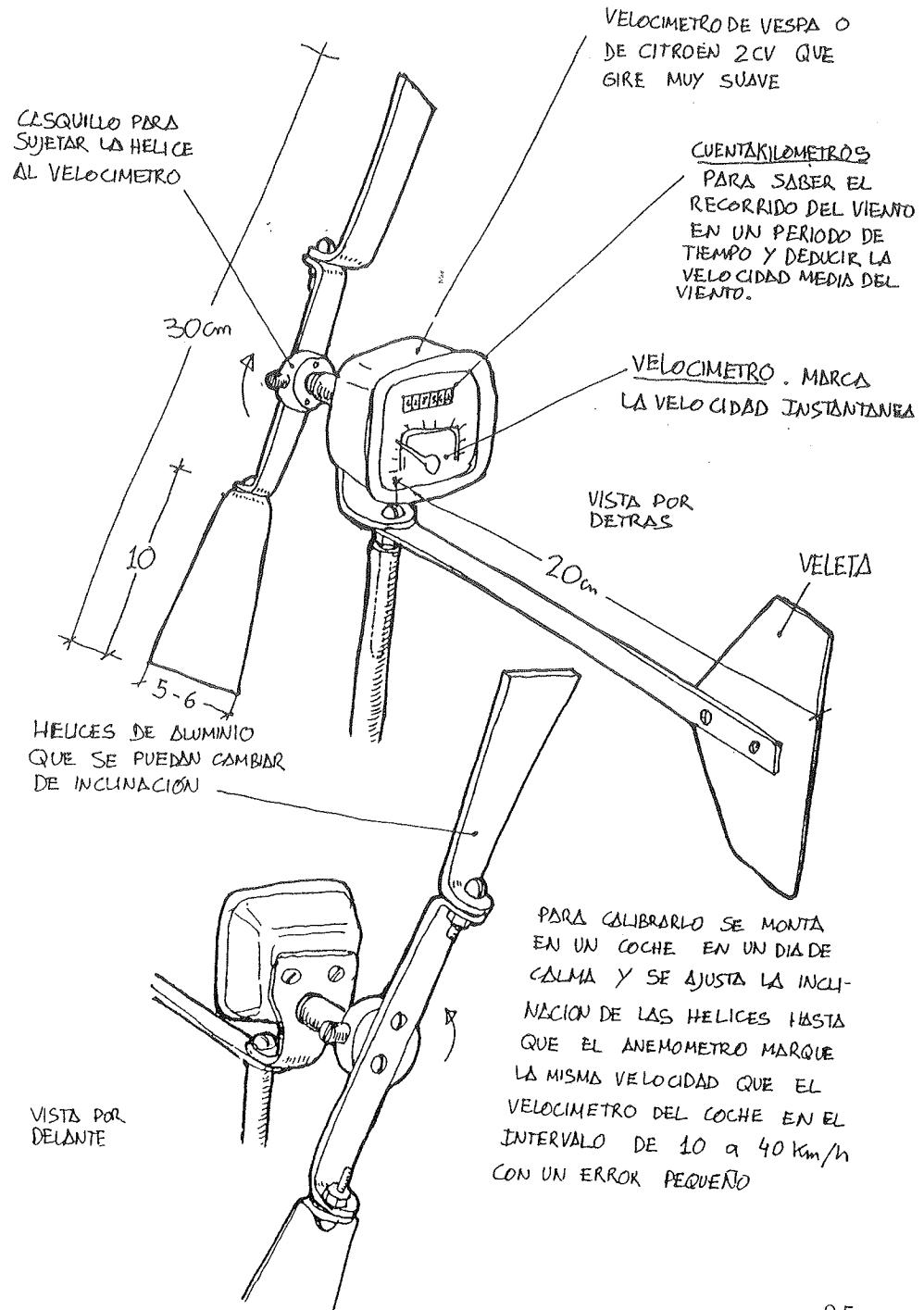
Cuando vayamos a 20 Km/h (según el velocímetro del coche), el velocímetro del anemómetro debe marcar igualmente 20 Km/h. Conseguiremos calibrarlo ajustando la inclinación de las hélices (cuanto más calado, más despacio). Luego comprobaremos que responde en el margen de 10 a 40 Km/h. Podemos acelerar y poner el coche a 100 Km/h para ver cómo responde y aguanta viento fuerte.

Una vez calibrado, ya podemos instalarlo en el sitio pensado para el molino, en un tubo de 5 a 7 metros de alto.

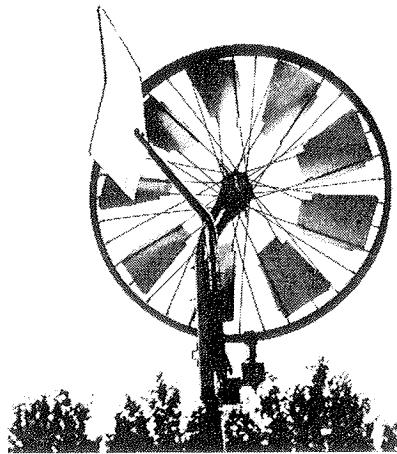
Para conocer la velocidad media en un período, dividiremos los kilómetros recorridos en ese período por las horas transcurridas. Así, si en un día (24 horas) ha recorrido 480 Km., la velocidad media de ese día es $480/24 = 20$ Km/h. Del mismo modo obtendremos la media semanal, mensual y la anual.

Este anemómetro nos servirá también para determinar el punto óptimo para colocar el molino, teniéndolo períodos iguales de tiempo (un cuarto de hora, por ejemplo) en diferentes lugares, durante un día de viento estable. El punto que más kilómetros de recorrido tenga, es el mejor.

ANEOMOMETRO-VELETA



ESTE PEQUEÑO
MOLINO ES UN
EJERCICIO MUY
BUENO PARA
LAS ESCUELAS.



MINIGENERADOR

Este pequeño generador, es capaz de dar de 0,75 a 1 Kw·h mensualmente (20 a 40 w·h al día); es un aparato muy sencillo, y se puede construir con muy poco trabajo.

Este aparato (juguete) es muy adecuado para escuelas, como trabajo sobre energías renovables, reciclaje, etc. Así, los chavales pueden comprender todas las partes de un aerogenerador, de modo sencillo y práctico.

El aparato está especialmente indicado para mantener la carga de baterías de una cerca eléctrica para ganado (hasta 5 Km. de hilado). Así evitaremos el molesto trabajo de subir y bajar las baterías para cargarlas. También puede abastecer los austeros usos de una caseta de campo.

Este aerogenerador, suministra una energía equivalente a la que proporciona un panel fotovoltaico de 10 a 15 w, con un costo muchísimo menor y nula dependencia de las multinacionales.

Para construir un minigenerador, utilizaremos la horquilla delantera de una bici, con la rueda incluida. La rueda, debe estar bien centrada. Entre los radios, colocaremos nueve chapas que hagan de hélice multipala. Una pequeña veleta, servirá para orientar el aparato frente al viento. La veleta no debe estar rígida, y permitirá la desorientación automática por eje descentrado (v. "regulación", por encima de los 40 Km/h).

El generador es una dinamo de bici (en realidad es un alternador de imanes permanentes, v. "generadores"). En la ruedecita de la dinamo, pondremos una goma de 20 mm Ø, de las utilizadas en las patas de las sillas metálicas; esta goma rozará contra la llanta de la rueda y se debe recambiar cuando se desgasta.

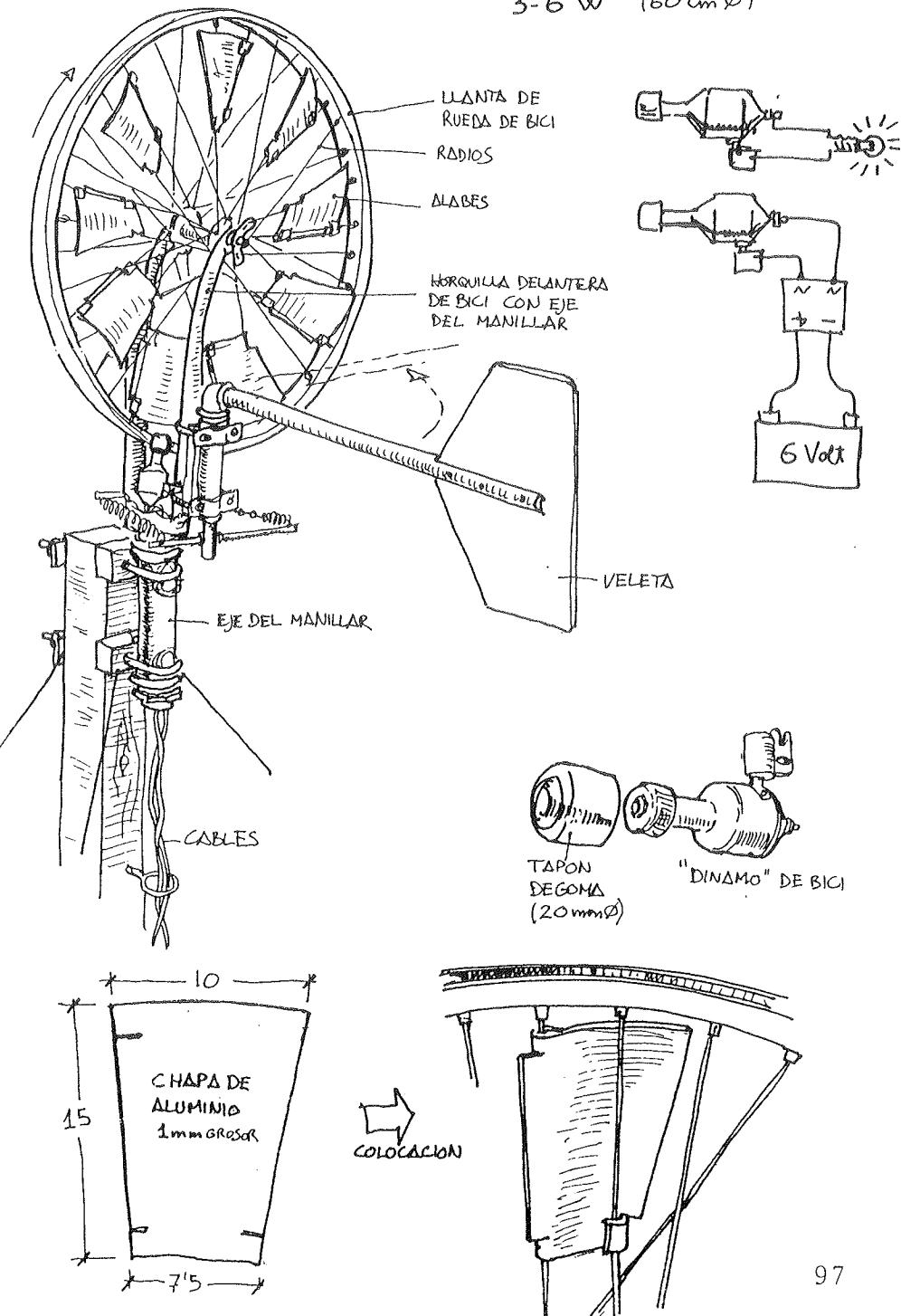
Podemos aumentar el rendimiento de la dinamo acoplándole en sus bornes un condensador de diez microfaradios apolar.

La bajada de corriente se hace por el eje hueco de la horquilla y la corriente se rectifica mediante un puente de diodos para cargar baterías de 6 V.

El minigenerador puede montarse en un tubo metálico o un poste sencillo de 6 metros de altura como mínimo.

MINIGENERADOR

3-6 W (60 cm Ø)



MULTIPALA - MAGNETO

Molino ideal para casas de fin de semana, y para casas de uso continuo, con un consumo austero (iluminación sólo).

La producción del molino es de 5 a 10 Kw.h al mes.

Es un modelo muy compacto, fuerte y exento de mantenimiento especialmente adecuado para dejar que cargue "al abandono".

Su construcción se basa en la utilización de la caja de cambios de una moto Vespa con la rueda y el magneto (generador). La potencia del aparato está entre 30 y 60 w con vientos de 7 m/s (25 Km/h). El inicio de carga se produce con viento de 2,5 a 3 m/s, por lo que estará cargando varios miles de horas al año. Por su poca potencia nominal, la carga de las baterías se realiza en inmejorables condiciones y no se necesita regulador de ningún tipo.

El magneto es un alternador de imanes permanentes, sin escobillas, y por lo tanto sin mantenimiento. Las bobinas del magneto se conectan en serie y en fase (ver magneto de moto en "generadores").

La caja de cambios con la marcha en primera, proporcionará la máxima multiplicación de revoluciones. Según Vespa, la multiplicación máxima está entre 14 y 22.

Quitaremos el cilindro, el émbolo y la biela del motor para dejar el eje del magneto libre. En el hueco que queda libre al quitar el motor, pondremos una tapa con una goma para que no entre humedad. A todas las cajas de cambios (incluido el hueco de las excéntricas), echaremos aceite ligero SAE 10 para lubricar perfectamente todo.

El eje del magneto, tiene la excéntrica para el motor y estará desequilibrado (trepida al girar). Deberemos equilibrar esta excéntricidad añadiendo peso al lado que más convenga en el magneto. Para esto, basta hacer un agujero al magneto, poner un tornillo, y añadir arandelas o plomos hasta equilibrarlo. Para esta operación, se deben quitar las bobinas del magneto.

De todos modos, la mejor solución es hacer un eje nuevo con algún amigo tornero, para que el eje del magneto no tenga ninguna excéntricidad.

Después de equilibrar el eje, montaremos todo el grupo sobre una rueda de R4 para que la máquina pueda orientarse a todos los vientos.

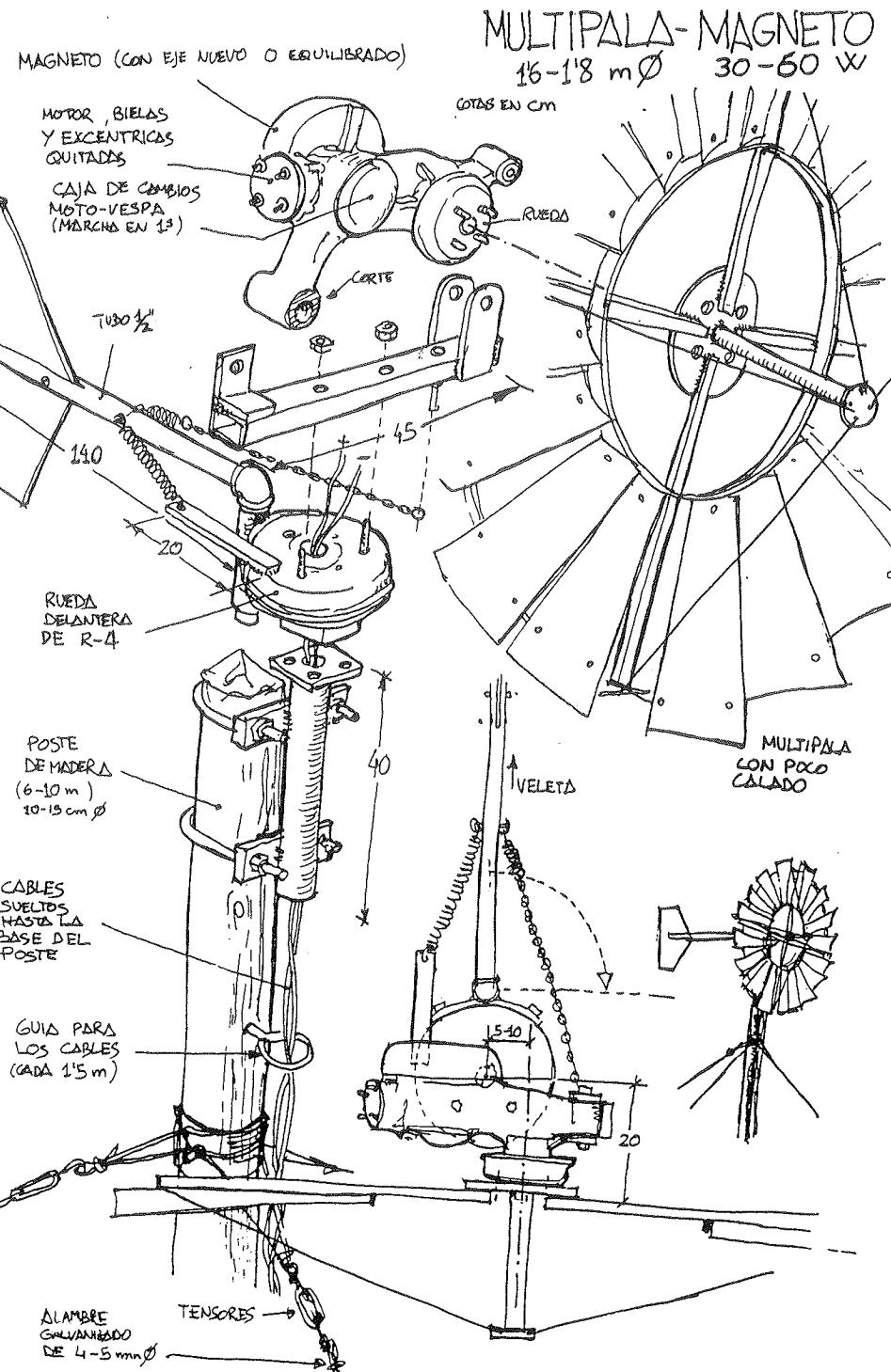
La hélice es una multipala de poco calado (rápida) de 1,6 a 1,8 m Ø (v. "hélice multipala") y girará a razón de 150 rpm con 7 m/s.

La regulación se hace por el sencillo pero eficaz sistema de la desorientación automática por eje descentrado (ver "regulación").

La veleta debe estar articulada. El molino debe comenzar a "plegarse" con vientos superiores a 30 - 35 Km/h.

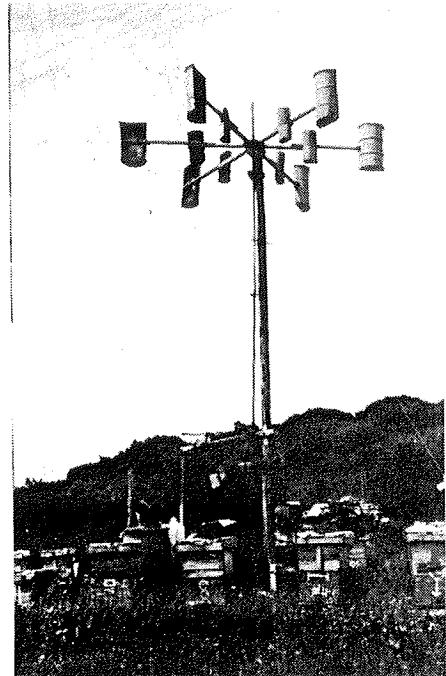
La bajada de corriente se hace por el agujero de la rueda de R4 y los cables se pueden enrollar y desenrollar a lo largo de todo el poste.

Si alguna vez ocurriera que el cable se encuentra enrollado más de lo normal, se suelta y se le quita las vueltas que tenga.



Si quieres, puedes hacer la bajada de la corriente con escobilla, tal como se describe en "bajada de corriente", en cuyo caso, puedes colocarle al molino desorientación manual accionada desde la base del poste. En este diseño, no hemos incluido esto por partir de la base de que el molino se deja al abandono durante todo el año y no es necesario pararlo.

Todo el mantenimiento del molino consiste en cambiar el aceite de la caja una vez al año (aceite SAE 10 - 20).



PANEMONA SOBRE UN COLMENAR
USADA PARA SACAR AGUA DESDE 30
METROS DE PROFUNDIDAD. PRIMERA-
MENTE SE HIZO UNA PEQUEÑA Y
LUEGO SE LE AÑADIERON BIDONES MAYORES.

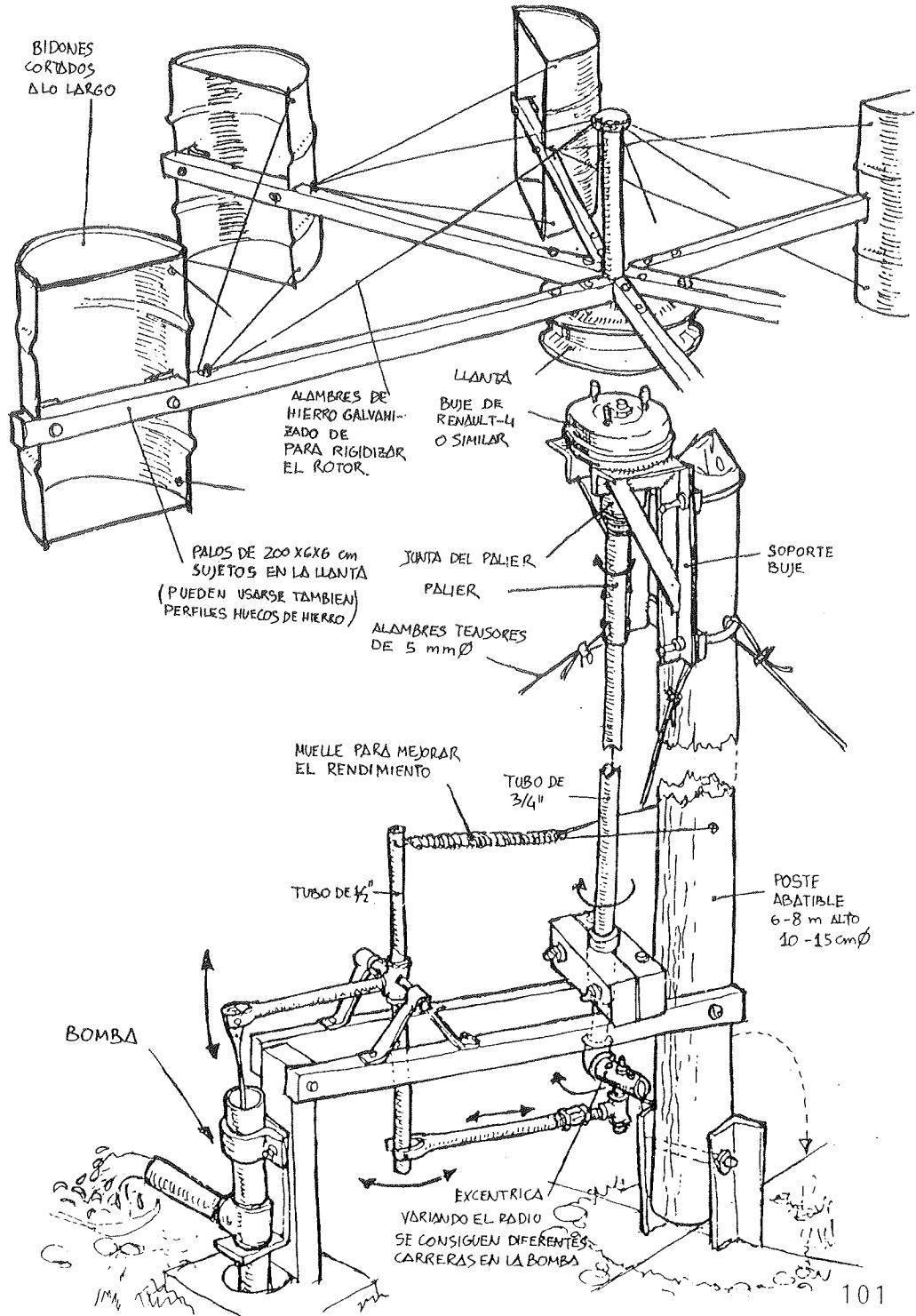
PANEMONA

Es un rotor de eje vertical lento, sencillo y sin averías, originario de China que te servirá para mover una bomba e incluso algún pequeño molino manual de cereales.

Possiblemente sea el mejor aparato que puedas colocar en tu huerto para sacar agua, si el terreno no es muy grande, y desde luego insuperable, si el agua se encuentra a gran profundidad (15-40 m.).

La panemona tiene un rendimiento muy pequeño ($C_r = 0,06 - 0,1$) pero tiene grandes ventajas. Es un rotor muy lento (20 - 30 rpm) y por tanto puede colocarse sobre un colmenar sin riesgo de matar abejas, cosa que ocurriría con una hélice aerodinámica e incluso con la multipala. Al ser tan lento, tampoco tiene vibraciones. El viento puede ser turbulento sin afectarle ya que lo aprovecha en cualquier dirección.

PANEMONA (4mØ)



La panémona es muy fácil de hacer cortando a lo largo bidones metálicos de aceite de 200 litros. Puede hacerse con bidones más pequeños e incluso con garrafas de plástico grandes. Para cortar a lo largo un bidón se puede emplear una sierra de calar o una soldadora oxiacetilénica (oxicorte). Estos medios bidones se sujetan en palos o tubos de 2 m de largo (4 ó 6 palos) y se rigidiza todo con alambres de 3 ó 4 mm Ø.

El eje sobre el que gira el rotor puede ser un buje de R4 con el palier o también un tubo de 3/4" con un cojinete para soportar el peso de la panémona.

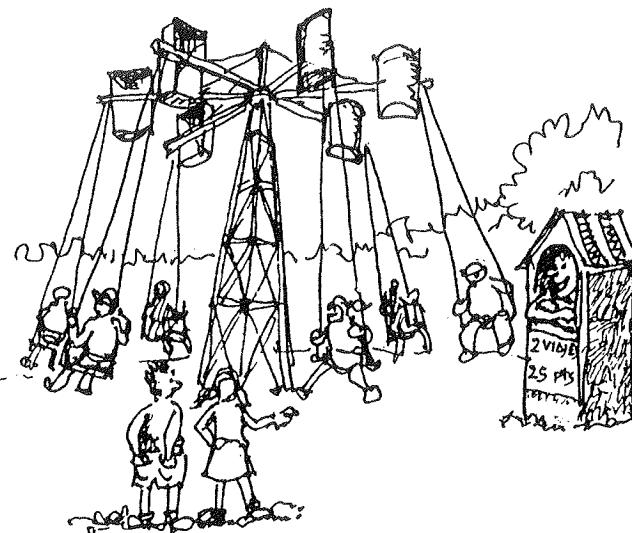
El eje motriz debe ser de 3/4" y bajar hasta la base, donde va el juego de bielas y palancas que acciona la bomba.

Una panémona de 4 m Ø hecha con bidones de 200 litros tiene una potencia de 70 - 100 w con viento de 25 - 30 Km/h y gira a razón de 20 - 30 rpm.

En la tabla 17 se indica el caudal bombeado al día así como el volumen de la bomba en función del desnivel salvado. Los datos de caudal bombeado son con velocidad media anual de viento de 4 m/s.

DESNIVEL SALVADO (m)	5	10	15	20	30	40	60
VOLUMEN DE LA BOMBA (cm³)	1000	500	350	250	170	120	90
CAUDAL AL DÍA (LITROS)	14,000	7,000	5,200	3,500	2,500	1,600	1,200

TABLA 17



ROTOR SAVONIUS

Este rotor de eje vertical fue inventado por un finlandés del mismo nombre a principios de siglo. Por sus características, es muy adecuado para bombeo de agua y fuerza motriz, y también puede servir para generar electricidad.

Puede ser muy útil en casas de fin de semana con huerta, ya que puede proporcionar agua y electricidad. Si el consumo es austero, puede cubrir las necesidades de una casa habitada continuamente (agua para la huerta y luz para la casa).

A este rotor no le afecta mucho el viento turbulento, por lo que se recomienda en todos los lugares con malos vientos.

Este rotor se construye fácilmente con bidones de aceite de 200 litros cortados a lo largo por la mitad con una sierra de calar, o con una soldadora autógena. El modelo propuesto tiene dos "pisos" de bidones y girará a razón de 150 rpm con viento de 8 - 9 m/s (unos 30 Km/h), con una potencia de 150 w ($C_r = 0,25$).

Como este rotor tiene un punto muerto, se colocan dos pisos de bidones de forma que el viento no incida de la misma forma sobre los de arriba que sobre los de abajo, para que cada piso, anule el punto muerto del otro.

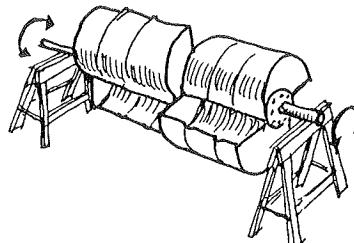
El rotor va colgado de un buje de rueda delantera de un Renault 4 con su junta homocinética. El conjunto se sujetá entre dos postes de madera, de unos 6 - 8 metros de altura. Estos postes serán abatibles para facilitar el montaje de todo el conjunto.

El eje del conjunto puede ser un tubo de dos pulgadas (50 a 60 mm Ø). Sobre este eje se sueldan tres discos de hierro de unos 25-30 cm Ø y 4 mm de espesor, sobre los que se atornillan los medios bidones con tornillos de 8 mm Ø.

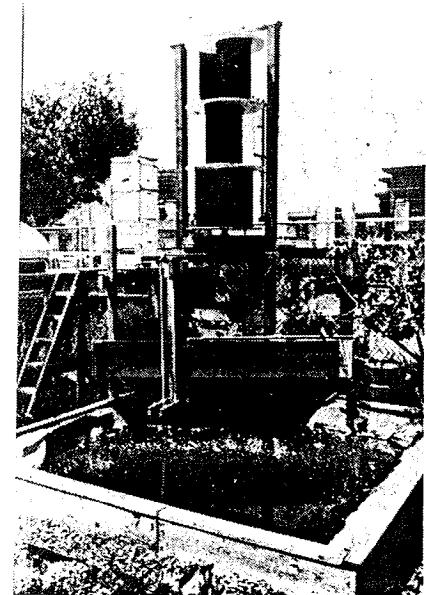
Una vez colocados los bidones en su posición, se comprueba el buen equilibrado del conjunto, asentando los extremos del rotor en unos banquillos. En caso necesario, se añade peso donde convenga, para dejarlo bien equilibrado. Si no se equilibra bien, dará vibraciones al girar.

EQUILIBRADO DEL ROTOR

NO DEBE TENER PUNTOS DE DESEQUILIBRIO Y TIENE QUE PODER PARAR EN CUALQUIER PUNTO QUE SE DEJE.



ROTOR SAVONIUS DE TRES PISOS USADO PARA OXIGENAR EL AGUA DE UNOS ESTANQUES DE PISCICULTURA. TIENE UNA BOMBA DE MEMBRANA.



Si queremos bombear agua, tenemos varias posibilidades. Podemos usar una noria de cangilones para pequeños desniveles (hasta 4 m). También podemos colocar una bomba de émbolo o un depresor que nos sacará unos 3.000 litros diarios salvando un desnivel de hasta 15 m (ver "bombas"). Para instalar una noria o una bomba de émbolo, es necesario acoplar un puente trasero de coche con los satélites inmovilizados (ver "aeromotor") para reducir las revoluciones por 4 ó 5 y quedarnos con unas 30 rpm.

En la tabla 18 se encuentran los caudales bombeados al día para lugares con velocidad media anual de 4 m/s, así como el volumen de la bomba de émbolo para diferentes desniveles de bombeo. Estos datos son para el rotor Savonius de dos pisos.

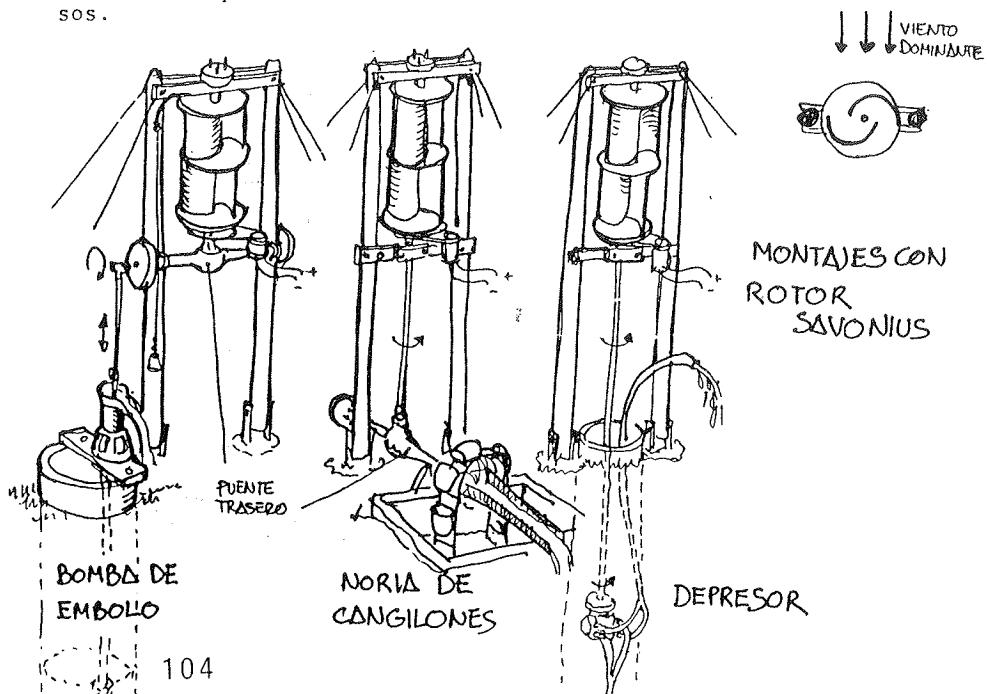
DESNIVEL SALVADO (m)	2,5	5	10	15	20	30	40
VOLUMEN DE LA BOMBA (cm³)	2000	1000	500	350	250	170	120
CAUDAL AL DÍA (LITROS)	25.000	14.000	7.000	5.200	3.500	2.500	1.600

TABLA 18.

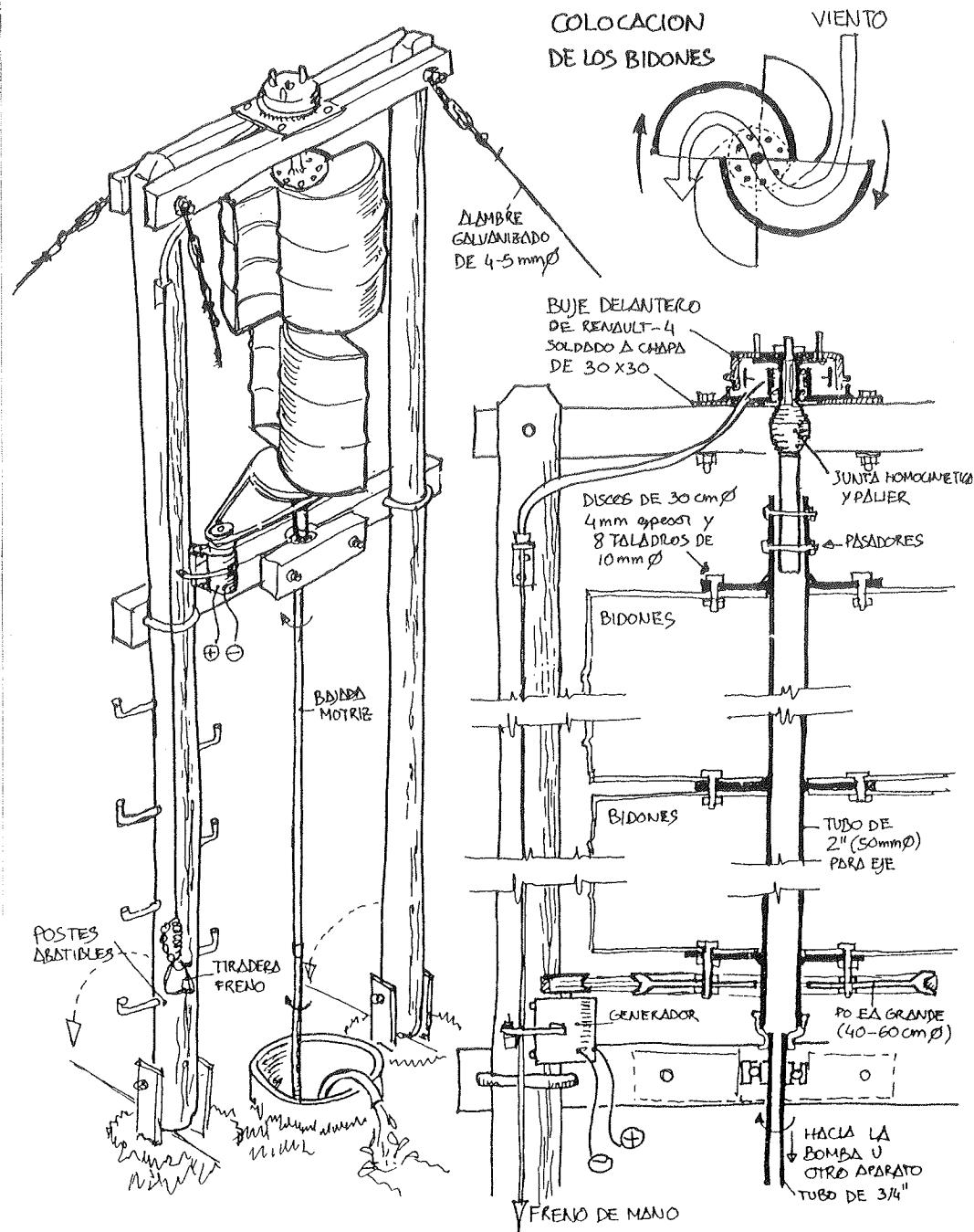
Si el rotor se emplea para producir electricidad, podemos abastecer el consumo de una casa de fin de semana o una casa habitada continuamente con poco consumo (8 a 12 Kw·h al mes). El generador puede ser una dinamo o un magneto de Vespa. El generador debe comenzar a producir con vientos de 10 a 14 Km/h.

Si el rotor se emplea simultáneamente para bombear y producir electricidad, está claro que nos dará menos de cada cosa; por ejemplo, 4-6 Kw·h al mes, y la mitad de caudal que si fuera sólo para bombear.

Si deseamos ampliar la potencia del rotor, no tenemos más que colocar más pisos de bidones, haciendo un total de tres o cuatro pisos.



ROTOR SAVONIUS

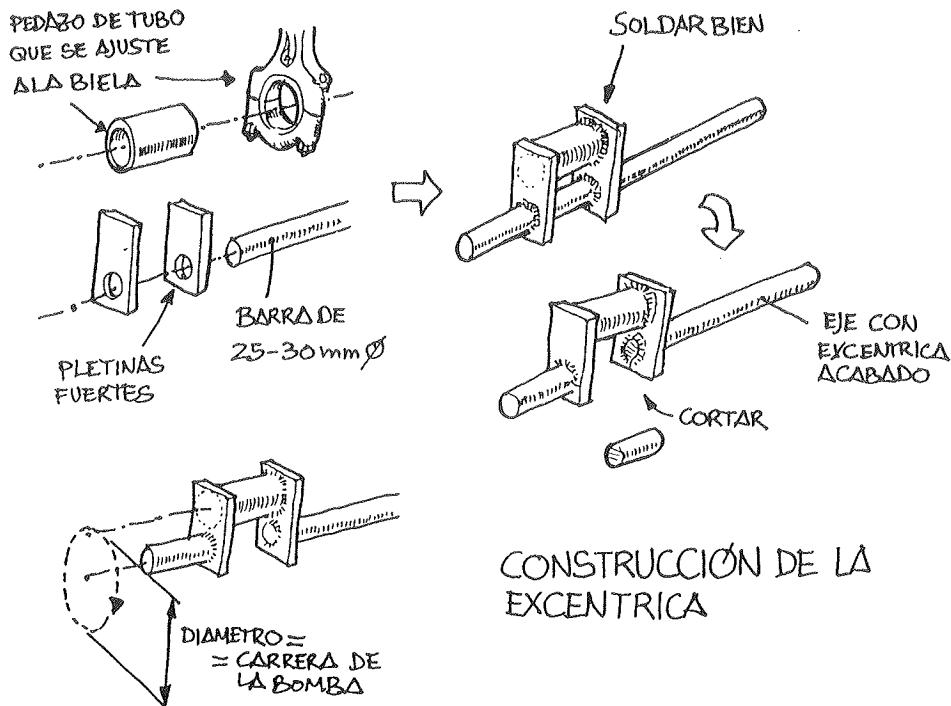


MULTIPALA DE BOMBEO

Este tipo de montaje es muy útil cuando se requiere gran caudal para regar mediante un sistema de bombeo de potencia media.

Se trata de construir un molino parecido a los típicos molinos de bombeo de Baleares. Es el sistema que se ha utilizado tradicionalmente y por lo tanto, su funcionamiento está garantizado.

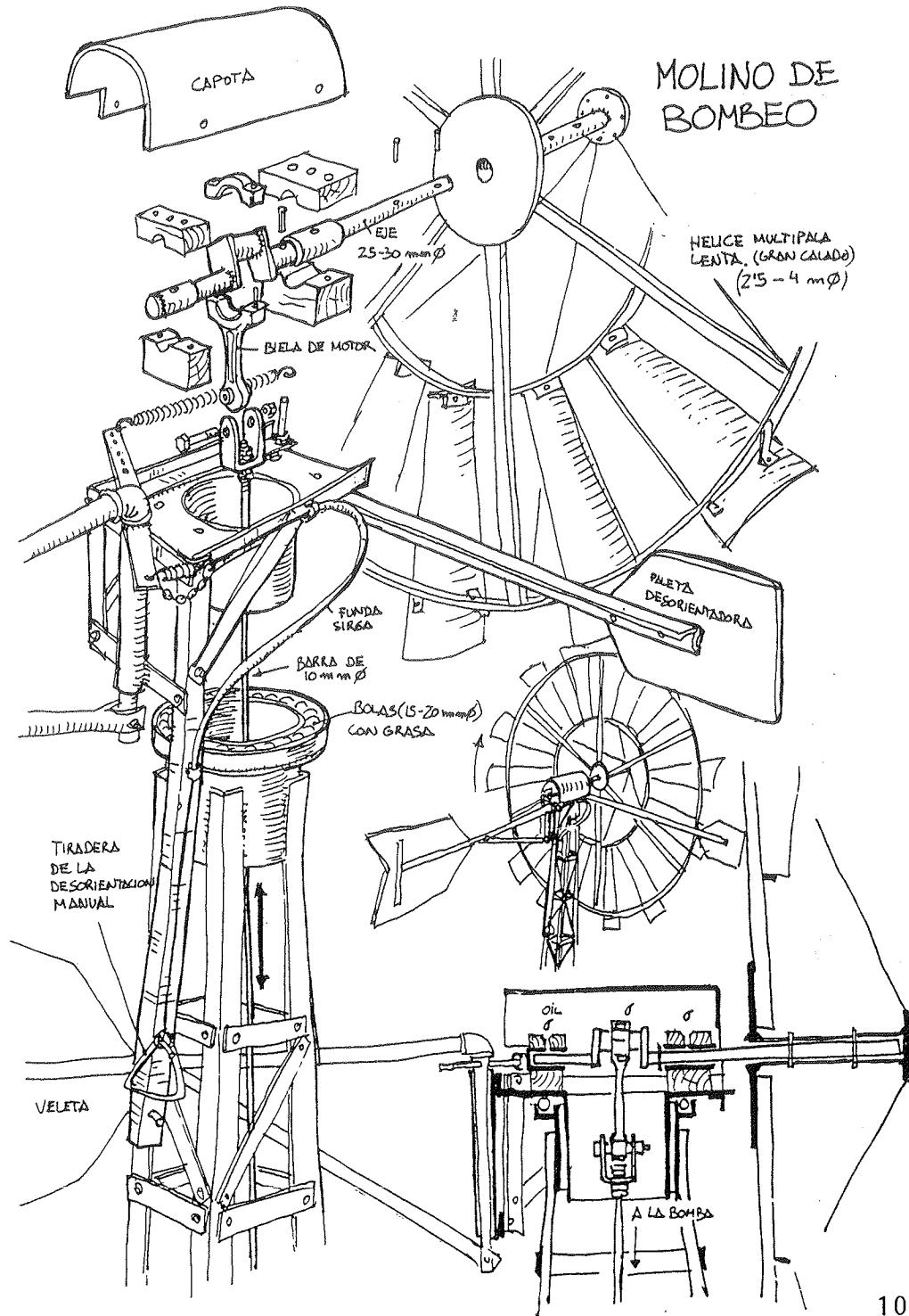
La bomba de émbolo se acciona directamente a través de una excentrica colocada en el eje de la hélice. El movimiento circular de la hélice se convierte en alternativo para la bomba. Para ello, se debe hacer una excentrica tal como se ve en el dibujo.



La carrera de bomba suele oscilar entre 10-15 cm para las bombas de hasta 2,5 m Ø y de 15-25 cm para los diámetros mayores (hasta 4 metros).

También podemos aprovechar las excéntricas, cojinetes y bielas de algún viejo motor diesel de un solo cilindro. Todo el cabezal con la hélice, veleta y excéntricas, debe poder girar sin excesiva torpeza sobre un tubo ancho que hace de eje vertical. Para suavizar este giro, se puede construir un alojamiento para llenarlo de bolas de acero.

Debes tener especial cuidado en colocar alguna capota sobre el mecanismo biela-excentrica para evitar que entre el agua e impedir que por un descuido la biela pueda cogerte un dedo con malas consecuencias. Este mecanismo se debe engrasar mensualmente.



La hélice se orienta al viento gracias a una veleta grande (5-6% del área barrida por la hélice). La veleta debe estar articulada para permitir la desorientación automática por paleta desorientadora (v. "regulación"). La desorientación manual se hace subiendo a la torre y tirando de la sirga que queda agarrada a un perfil sólidario al cabezal. Esto se hace así para no complicar las cosas al bajarla por el centro de la torre, por donde ya va la barra que acciona la bomba.

El molino debe empezar a bombear con viento de 12-16 Km/h y proporcionar el máximo bombeo a 25-35 Km/h, desorientándose poco a poco a partir de esta velocidad.

La bomba no debe trabajar a más de 60-70 emboladas por minuto; es decir, la hélice no debe pasar de esta velocidad, por lo que deberá estar hecha con los álabes bastante calados (v. "hélice multipala") con factor punta $u/v = 0,5 - 0,75$. De este modo la hélice correrá poco, pero con gran fuerza para tirar de la bomba. Los álabes de la hélice deben ser de chapa de hierro y no de aluminio para que aumenten su inercia.

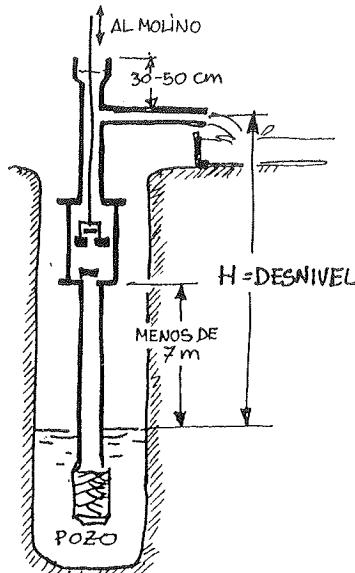
Todo se debe hacer con solidez, ya que los esfuerzos en todo el conjunto son importantes.

La tabla 19 recoge el caudal bombeado por embolada (en litros), y el total diario (en metros cúbicos), según el diámetro del molino y el desnivel que tiene que salvar la bomba. Los datos del caudal diario son para lugares con velocidad media de viento de 4 m/s.

TABLA 19.

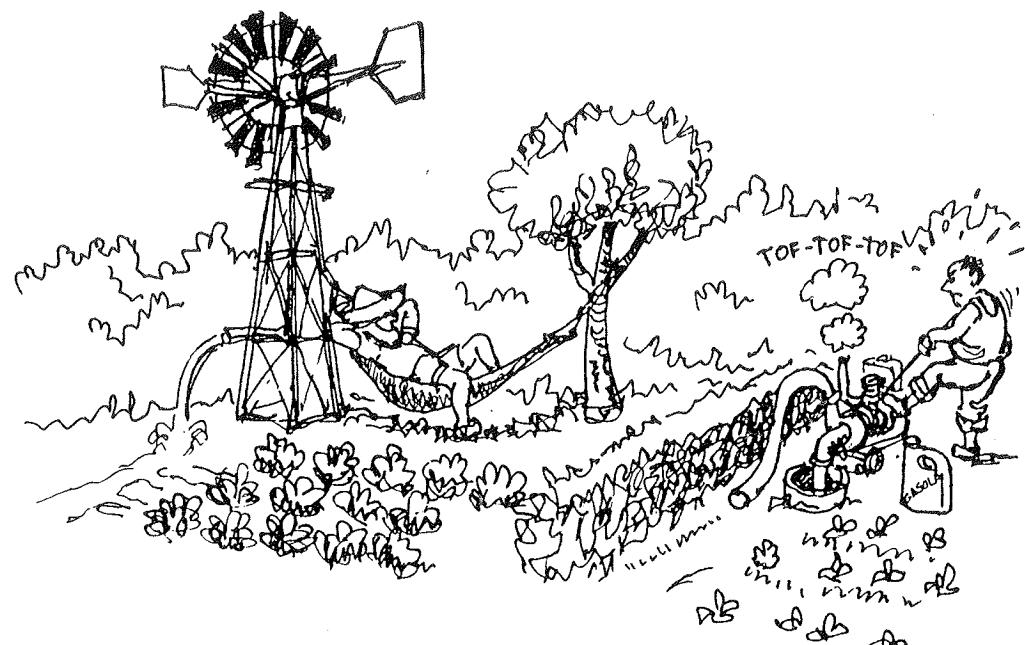
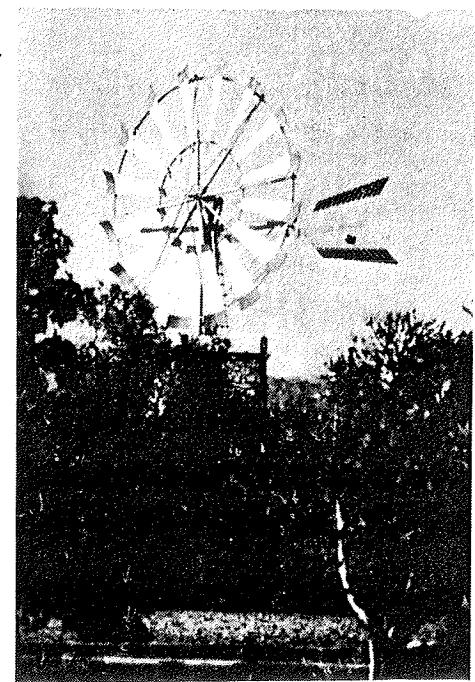
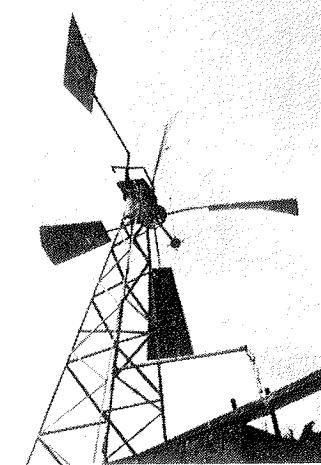
DIÁMETRO HELICE m	DESNIVEL H (metros)			
	5	10	15	20
2	1 30	0'5 15	0'4 10	0'25 7'5
2'5	2 40	1 20	0'75 15	0'5 10
3	4 70	2 35	1'5 25	1 18
4	8 120	4 60	3 45	2 30

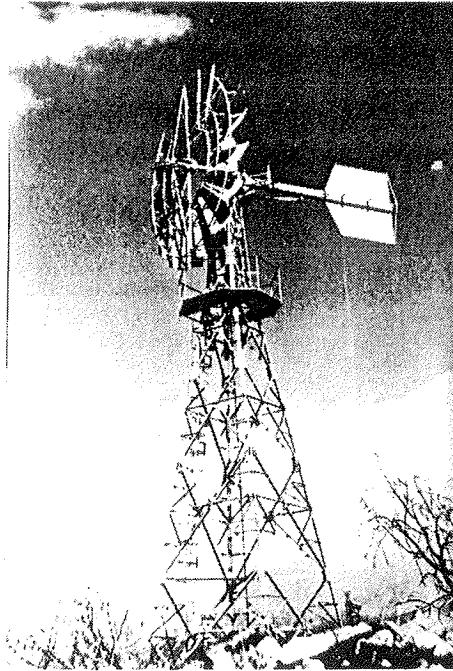
VOLUMEN DE LA BOMBA
(DE CADA EMBOLADA) EN LITROS
CAUDAL BOMBEADO AL DIA EN m^3 ($1m^3 = 1000$ LIT)



MULTIPALA DE BOMBEO DE LAS ISLAS BALEARES.

MOLINO DE BOMBEO SENCILLO DE 3 m \varnothing





GRAN MULTIPALA DE
6 m^Ø PARA BOMBEO

MOLINO DE BOMBEO POTENTE

Es una variante del multipala de bombeo anterior más resistente y perfeccionado. Todo gira sobre cojinetes. La hélice puede alcanzar ocho metros de diámetro y puede ser una multipala simplificada (ver "hélice multipala" con álabes montados sobre radios).

El molino está expresamente indicado para grandes desniveles y (pozos profundos) por la poca velocidad de rotación (20-30 rpm) y gran fuerza. Puede abastecer el consumo de agua potable de un pueblo mediano (hasta 500 personas) y sirve para regar fincas extensas.

La hélice gira sobre un semieje trasero de Reanault 8, R-10 o R-4CV, y lleva otro cojinete en el lado de la excéntrica.

La excéntrica acciona una biela larga con otros dos cojinetes. La biela mueve el balancín y la barra que sube y baja tirando de la bomba. El diseño tiene la máxima simetría y ninguna corredera (para convertir el movimiento circular en alternativo), para prolongar su duración.

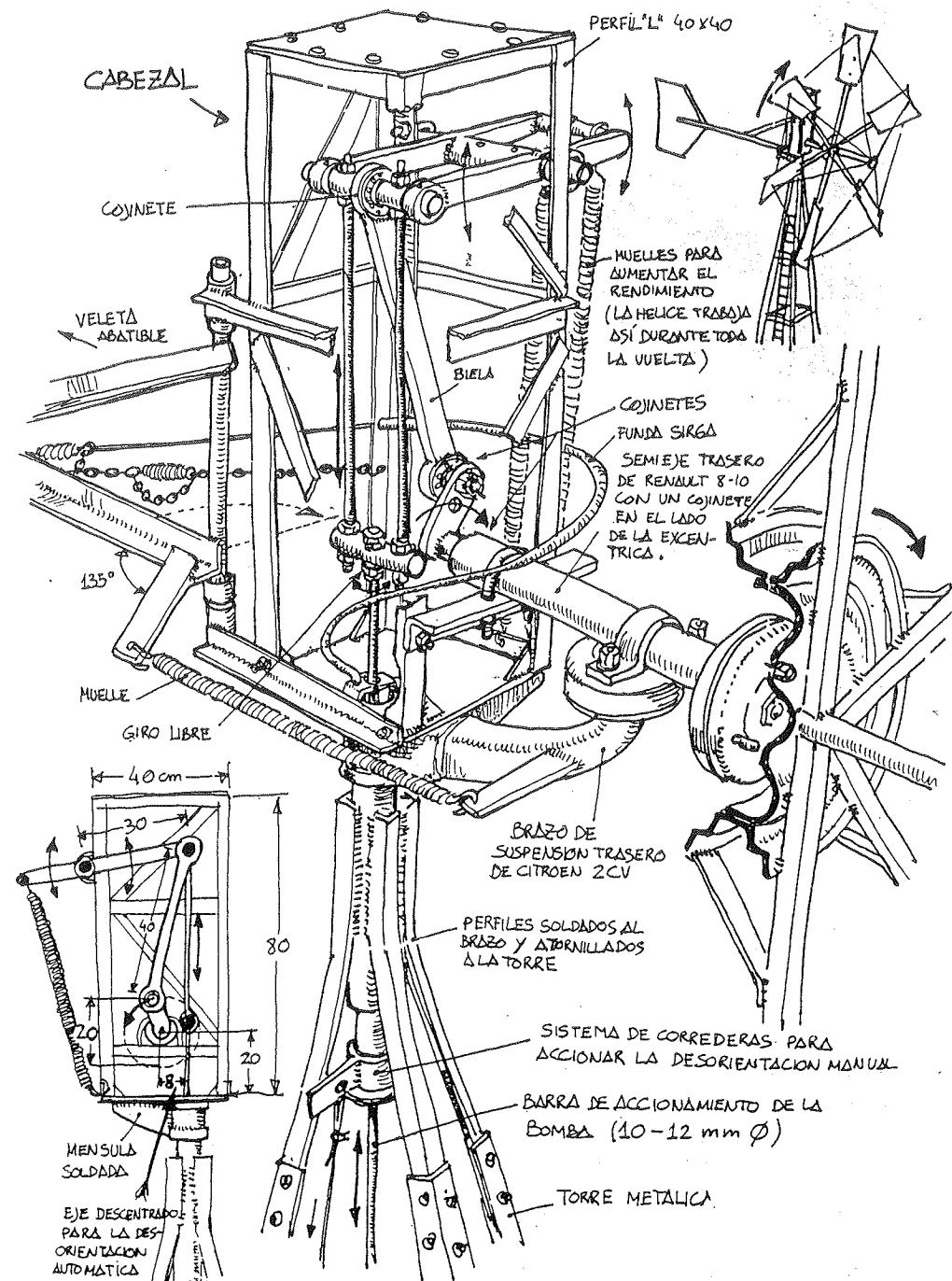
Los muelles al otro lado del balancín, hacen que la hélice trabaje en toda la vuelta, y el molino comience a bombear con brisas suaves (10-12 Km/h) aumentando el rendimiento.

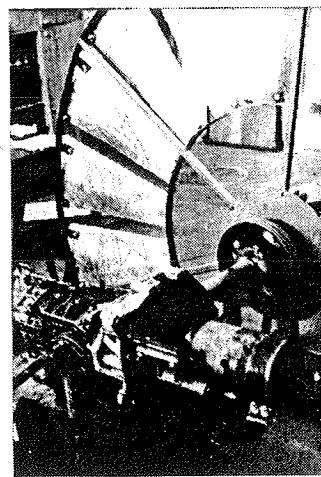
La carrera puede ser de unos 20 cm. Todo el cabezal con la veleta, gira sobre un brazo de suspensión trasero de Citroen 2 CV.

La regulación de velocidad se hace con el sencillo pero eficaz sistema de desorientación automática por eje descentrado. El eje de la hélice se desplaza unos 8 cm respecto al eje vertical sobre el que pivota el molino. Por esta razón, la veleta debe ser abatible y se debe poder desorientar manualmente utilizando el sistema de guías y correderas que se describe en "bajada de corriente".

La torre debe ser metálica autoportante, mejor que atirantada, para poder acceder a la bomba y pozo que estará debajo.

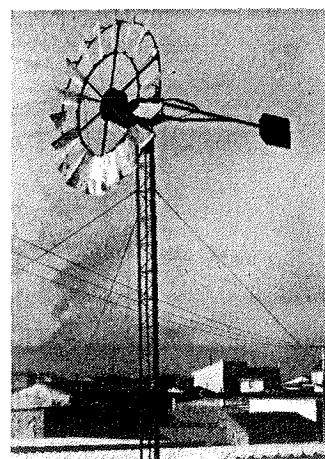
MOLINO DE BOMBEO DE GRAN POTENCIA





MULTIPALA-CAJA
DE CAMBIOS HECHA
POR ALUMNOS Y
PROFESORES DE
F.P. DE ALFARO
(LA RIOJA)

LOS MULTIPALAS
SON BASTANTE
RESISTENTES
Y DAN UNA
IMAGEN MUY
MUDA



MULTIPALA-CAJA DE CAMBIOS

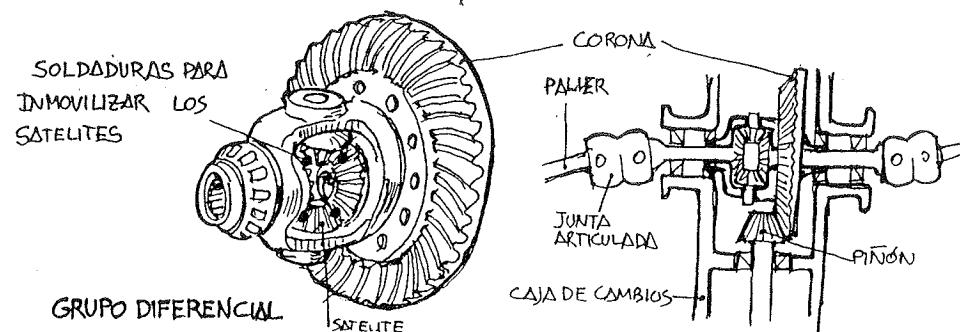
Hélice de 1,8 a 3,5 m.Ø

100 a 400 w a 7m/s

Es un molino que, por sus características, está especialmente indicado para la producción de electricidad para la casa. Seguramente es el aparato más fiable que puedes construirte, y que menos problemas te dé, tanto durante su construcción como en su funcionamiento.

Es relativamente silencioso y tiene una imagen bella. Por ser la hélice multipala lenta (50 a 100 rpm) necesitaremos multiplicar bastante las revoluciones para generar. Este problema se resuelve utilizando una caja de cambios de coche. Valen todas las de los coches que llevan agrupado el motor con la transmisión: Seat 600, 850, Renault 4, 6, 8, Citroën 2CV, Dyane, Simca 900...

Para lograr la máxima multiplicación, debemos inmovilizar los satélites del diferencial de modo que la corona gire solidaria al palier motriz. Esto se consigue echando unos puntos de soldadura entre los satélites y planetarios.

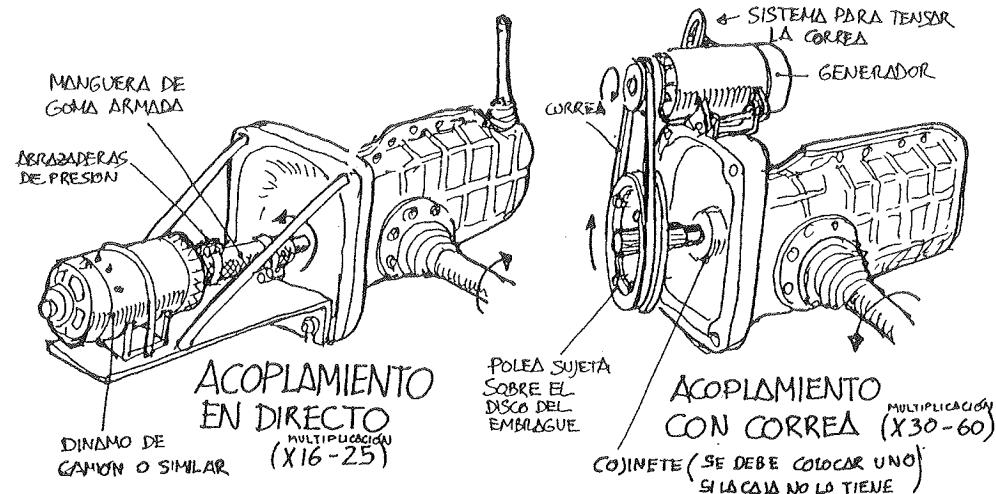


Para realizar esta operación, suele ser necesario desmontar parte de la caja. Esto puede parecer difícil, pero es cosa de desmontar con orden y cuidado, para que al final no nos sobren piezas.

Una caja de cambios, no es ni muy grande ni muy pesada, y nos durará toda la vida, ya que está hecha para transmitir 20 Kw o más, y nosotros, difícilmente pasaremos de 1-2 Kw, por lo que girará prácticamente "en vacío".

Con la palanca de cambios en primera, la caja nos multiplicará por 16 a 25, según cajas, más que suficiente para la mayoría de las dinamos lentas (de camión, tractor...). La dinamo va acoplada directamente donde iba el embrague.

Si la multiplicación fuera insuficiente, podemos ampliarla colocando una correa entre el generador y una polea colocada en el antiguo embrague. Si el eje del embrague no tuviera cojinete en la carcasa de la caja, será necesario ponerle uno.



Sujetaremos la hélice sobre el cubo de la rueda del mismo coche. Por esto, en el chatarrero, cogeremos la caja de cambios, un palier con su buje y la rueda. De este modo, tenemos todas las articulaciones (juntas cardán y homocinéticas) que nos permiten corregir errores de alineación sin que por esto pase nada. La caja debe colocarse de la forma más parecida a como iba en el coche, para el correcto engrase de todas las piezas. Usaremos aceite ligero SAE 10-20 y dejaremos los tapones de llenado y vaciado accesibles para recambiar el aceite cada dos años.

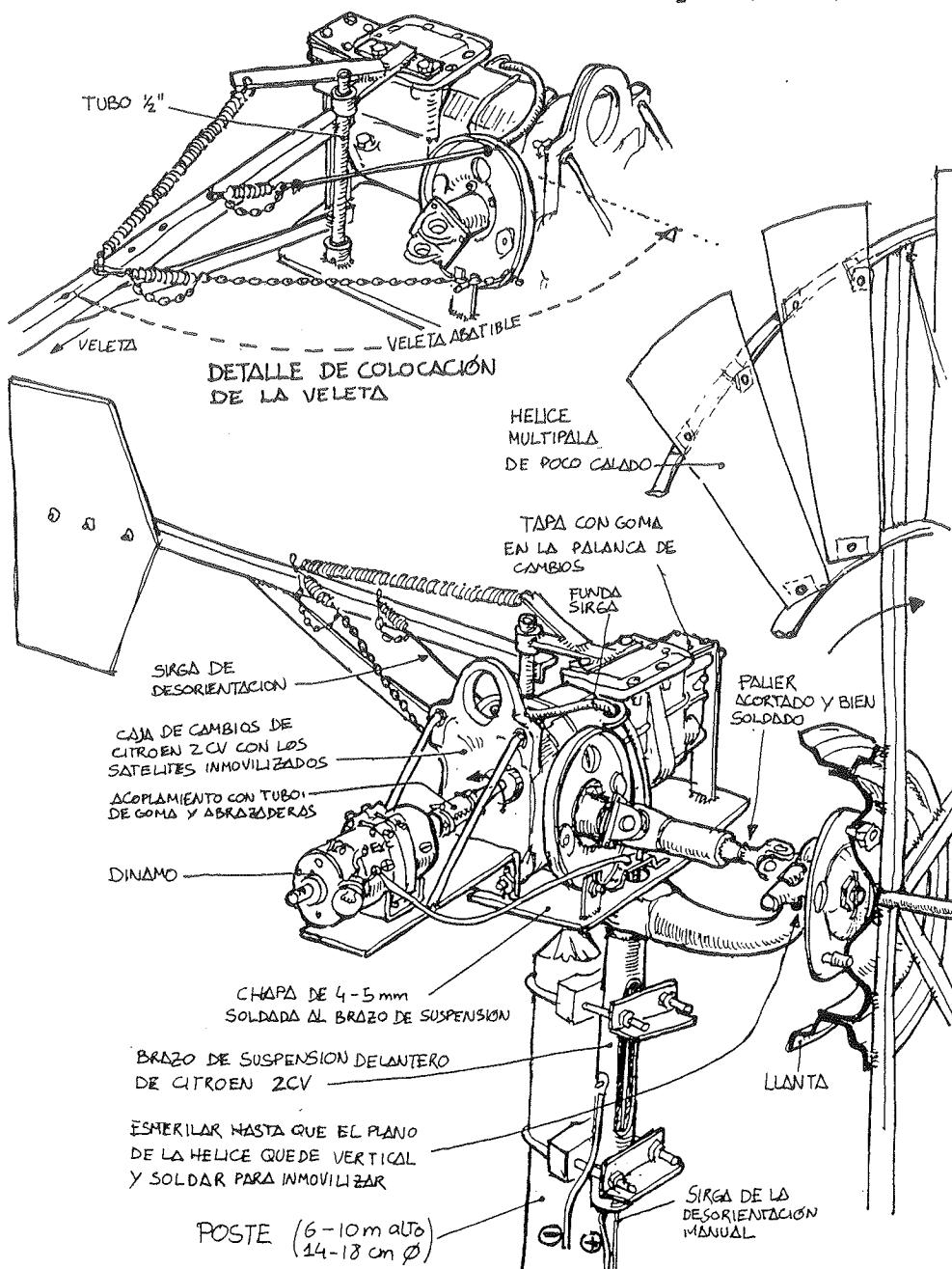
Construiremos la hélice multipala con factor punta u/v 1,5 a 2, tal como se explica en el apartado correspondiente. Por lo tanto, el calado de las chapas debe ser pequeño (unos 15°) para que gire lo más rápido posible. Calcularemos el diámetro mediante la tabla 9. Dicho diámetro no debe superar los 3,5 m.

El molino tendrá desorientación automática por eje descentrado (el eje de giro de la hélice se desplaza unos 6-10 cm respecto del eje vertical sobre el que pivota el molino), así como desorientación manual desde la base de la torre (ver "regulación").

Damos dos diseños, uno utilizando sólo piezas del Citroën 2 CV, y otro para todas las demás cajas que existen.

MULTIPALA - CAJA DE CAMBIOS-2CV

1'8 - 3'5 mØ



DISEÑO CON CITROËN 2CV

Se trata de aprovechar casi todo lo bueno que tiene un Citroën 2 CV: el brazo de suspensión delantero con la rueda y la llanta, las juntas articuladas y la caja de cambios. Es un diseño muy bueno y sencillo.

Hay que quitar los tambores de freno de la caja de cambios, e inmovilizarle los satélites. También hay que acortar el palier unos 15 a 20 cm, cortándolo y volviéndolo a soldar. Se quita el mecanismo de la dirección del brazo de suspensión, y se rebajan con la rotaflex (esmeril) los salientes del eje sobre el que pivota el buje de la rueda para que la futura hélice gire en un plano vertical. La desorientación por eje descentrado sale por construcción.

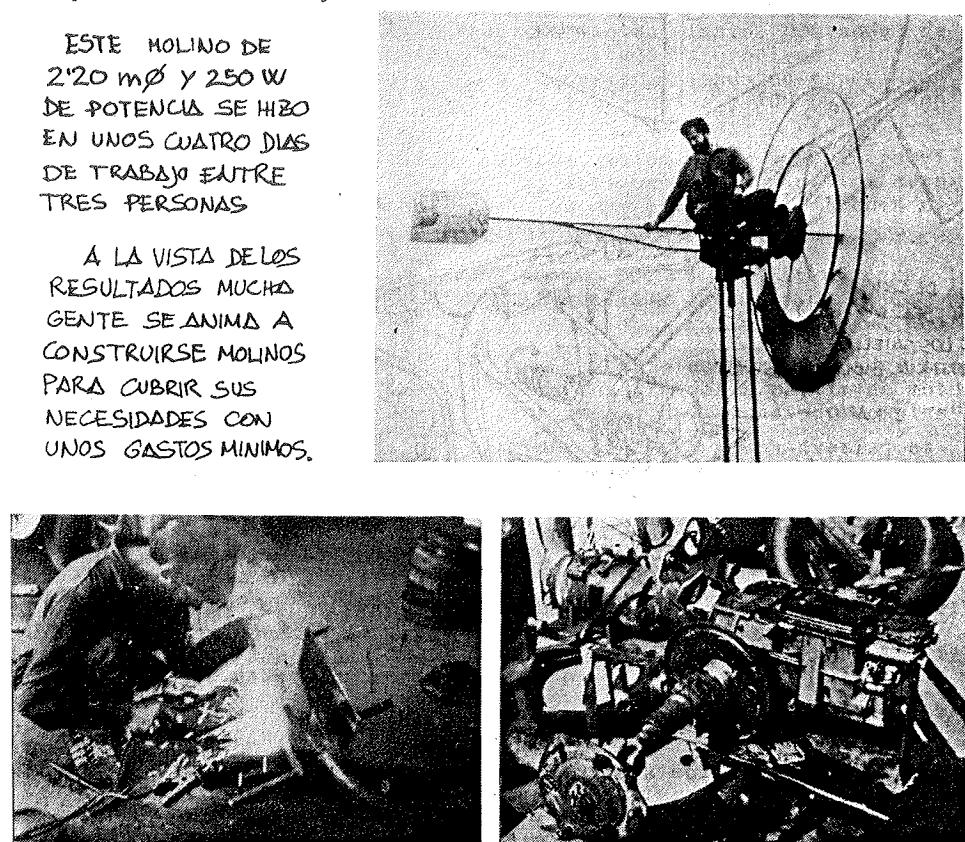
El dibujo aclara el montaje final del conjunto.

DISEÑO GENERAL

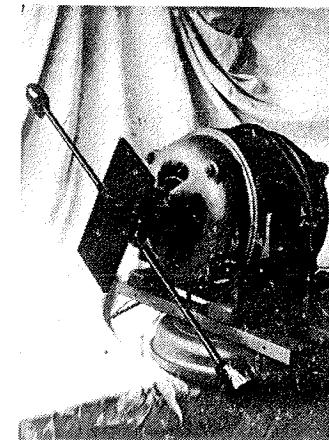
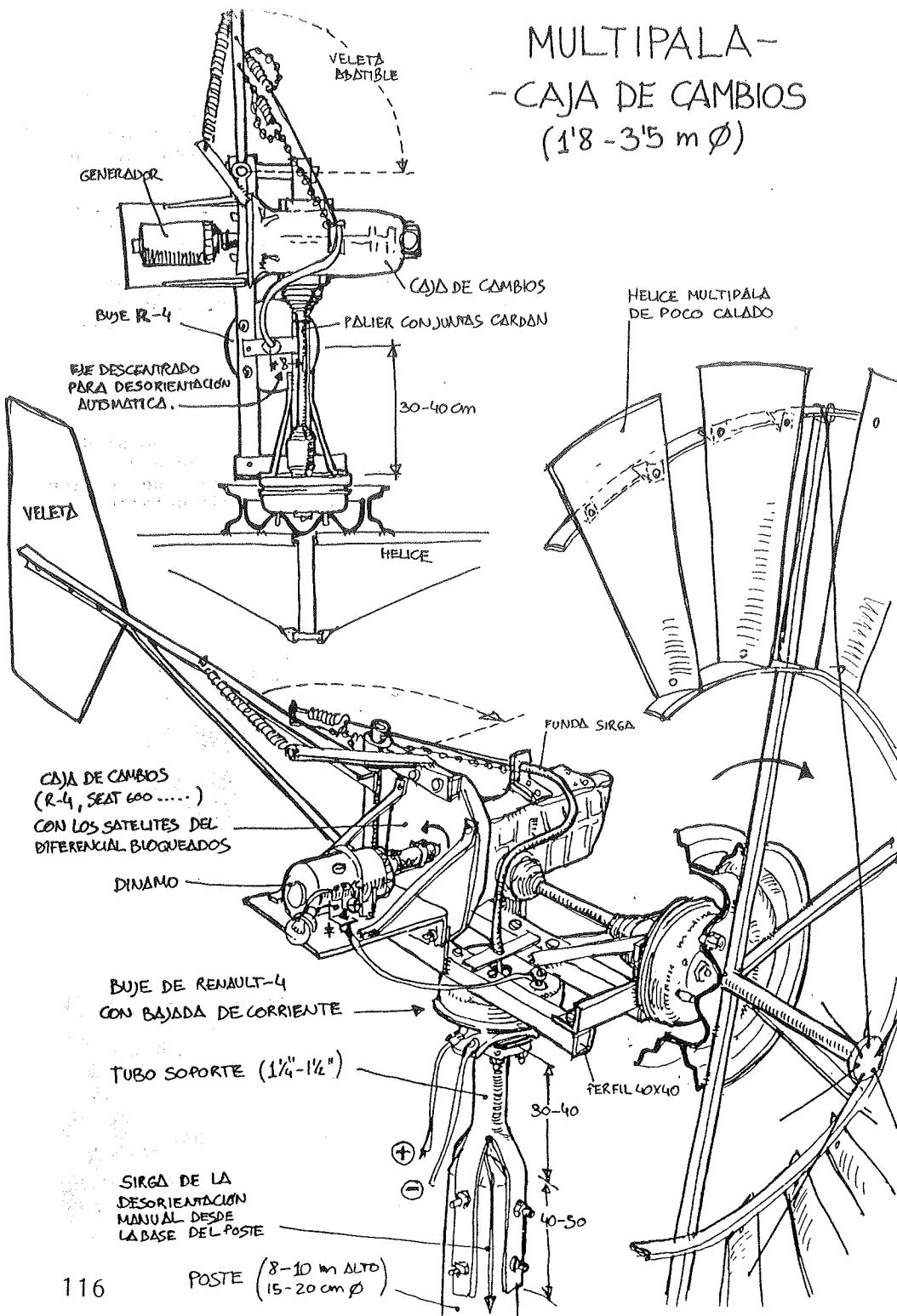
En este caso, sirve cualquier caja de cambio de las comentadas. Se trata simplemente de colocarla junto con su rueda, buje y palier, sobre el buje delantero de Renault 4 con la bajada de corriente por escobilla (v. "bajada de corriente"). Los demás detalles aparecen en el dibujo.

ESTE MOLINO DE 2'20 mØ Y 250 W DE POTENCIA SE HIZO EN UNOS CUATRO DIAS DE TRABAJO ENTRE TRES PERSONAS

A LA VISTA DE LOS RESULTADOS MUCHO GENTE SE ANIMA A CONSTRUIRSE MOLINOS PARA CUBRIR SUS NECESIDADES CON UNOS GASTOS MINIMOS.

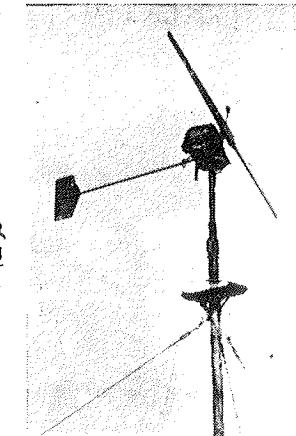


MULTIPALA - CAJA DE CAMBIOS (1'8 - 3'5 m Ø)



ESTE MOLINO SOLO PUEDE HACERSE SI SE DISPONE DE UN GENERADOR MUY LENTO CON INICIO DE CARGA A 150-200 RPM.

EL DE LA FOTO TIENE UN ALTERNADOR DE IMANES PERMANENTES AUTOCONSTRUIDO. CON LA HELICE DE 2'10 m Ø EMPIEZA A CARGAR A 10 Km/h Y DA 100 W CON VIENTO DE 25 Km/h PARA UNA CASA.



EJE DIRECTO

Cuando se desea tener un aparato de mantenimiento nulo y de buenas prestaciones, sin averías, hay que eliminar todo aquello que pueda ser fuente de averías o requiera mantenimiento. Quitando la multiplicación de revoluciones, hemos quitado un problema. Sin embargo, esto tiene la contrapartida de requerir generadores especiales que trabajen entre 150-200 rpm al inicio de carga y 400-600 rpm en su potencia nominal.

Son generadores muy lentos, pesados, voluminosos y de larga vida. Son generadores de este tipo, las antiguas dinamos de los aerogeneradores de principios de siglo. Son muy buenas, pero tienen escobillas que requieren cierto mantenimiento.

Aunque tienen escobillas, también son buenos los alternadores lentos construidos a partir de motores trifásicos de rotor bobinado (ver "alternador lento").

Para eliminar las escobillas, los generadores más adecuados son los alternadores de imanes permanentes construidos a partir de motores trifásicos de inducción (v. "generadores de imanes permanentes").

La regulación de velocidad más sencilla y de menos averías es la desorientación por eje descentrado. Adicionalmente, se les acopla desorientación manual para pararlo cuando queramos.

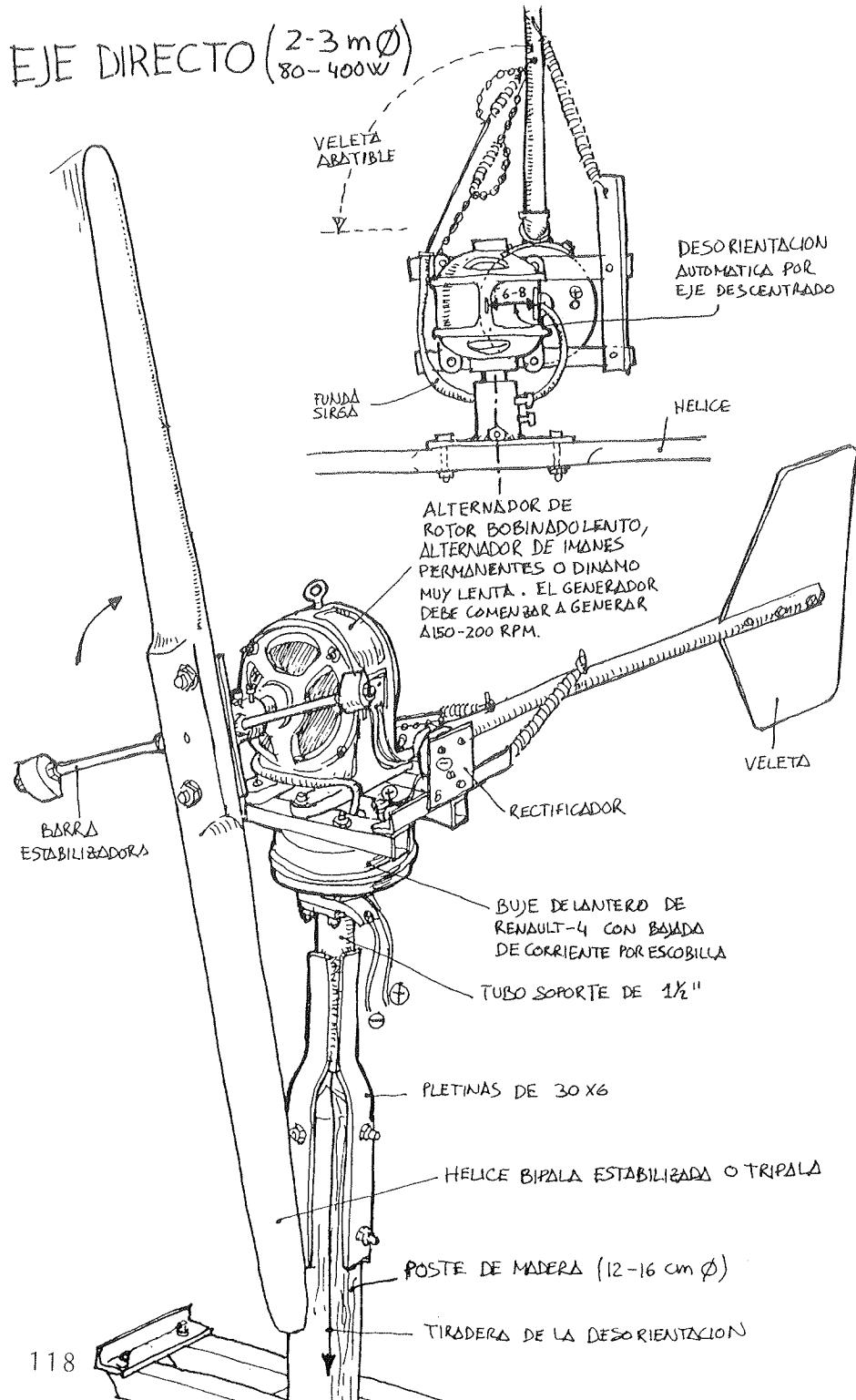
Unido lo anterior a una hélice aerodinámica bien hecha y a una buena bajada de corriente, tenemos un molino que nos durará toda la vida, con un mantenimiento ciertamente pequeño.

La potencia dependerá del generador utilizado y el diámetro del molino, pero no es fácil pasar de 3 mØ ya que la hélice será más lenta y ya no permitirá que el generador comience a cargar a 8 - 12 Km/h tal como deben funcionar los buenos molinos.

Para proteger de la lluvia, al generador y puente de diodos, colocaremos una goma de cámara de tractor bien amarrada.

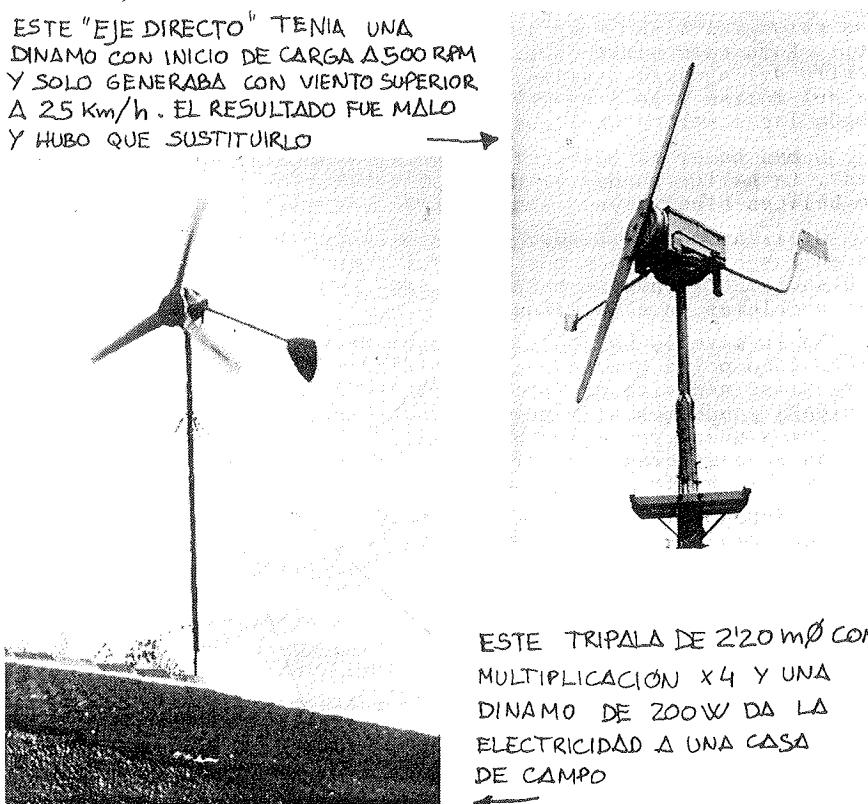
Es un molino para sibaritas de la energía eólica, y sus características de funcionamiento, lo ponen a la altura de los mejores molinos fabricados en el mundo. Es supersilencioso, por lo que no importa colocarlo sobre la casa. Para saber si está girando, hay que salir a verlo fuera de la casa.

EJE DIRECTO (2-3 m Ø)



No debes intentar hacerte este aerogenerador si no dispones de un generador muy lento que empiece a generar como máximo a 250-300 rpm. De lo contrario, el resultado será mediocre y poco satisfactorio, ya que empezaría a generar con vientos demasiado rápidos (15 a 20 Km/h).

ESTE "EJE DIRECTO" TENIA UNA DINAMO CON INICIO DE CARGA A 500 RPM Y SOLO GENERABA CON VIENTO SUPERIOR A 25 Km/h. EL RESULTADO FUE MALO Y HUBO QUE SUSTITUIRLO



ESTE TRIPALA DE 2'20 m Ø CON MULTIPLICACIÓN X4 Y UNA DINAMO DE 200W DA LA ELECTRICIDAD A UNA CASA DE CAMPO

AEROGENERADOR

Hélice aerodinámica de inclinación fija, de 2 a 4 m Ø con multiplicación.

En el caso de que te decidas por utilizar hélices aerodinámicas, este es el modelo más fácil de construir. Su producción podrá cubrir con holgura las necesidades normales de una vivienda. Es un aparato muy silencioso y eficaz.

Ante todo, hay que tener presente las características de la hélice aerodinámica que nos condiciona la construcción del aparato.

- La hélice aerodinámica tiene poco par de arranque, por lo que debemos evitar toda torpeza al arranque.

- La hélice aerodinámica se puede embalar con funestas consecuencias. Debe tener desorientación automática que limite la velocidad de giro.

- La hélice aerodinámica debe estar perfectamente centrada y equilibrada para que no se produzcan vibraciones destructivas.

Utilizaremos dos bujes de rueda delantera de Renault 4. Un我们将使用两个雷诺4前轮轴承。一个将安装在螺旋桨轴上，另一个将安装在垂直轴上以支撑整个风车。我们将使用作为螺旋桨轴的轴承，因为有更好的滚动轴承。你应该考虑到这个轴承需要一个螺栓穿过中心孔，因此你需要在轴承内孔中安装一个销子来防止它从轴上掉出来，同时保持螺旋桨的平衡...为了做到这一点，我们使用一个带槽的零件，它带有挡圈并进入中心孔。另一个轴承将是垂直轴上的支撑轴承。我们将准备它们来降低产生的电流，根据说明书中给出的“电流下降”。

你应该按照“空气动力螺旋桨”的说明制作螺旋桨。螺旋桨可以是双叶稳定（参见“稳定性”，或更好，三叶。）

我们将使用狭窄的螺旋桨在所有螺旋桨上，除了双叶螺旋桨外，直径为2.4 m的螺旋桨，我们将根据狭窄的螺旋桨进行开发。不要制作直径为2 m的螺旋桨，因为它们在启动时会遇到问题。

在大多数情况下，只要使用大皮带轮来增加发电机的转速，就足够了。如果需要更多的倍率（参见“计算倍率”），我们将在发电机上增加一个较小的皮带轮，或者，我们可以在螺旋桨侧增加一个较大的皮带轮。为此，可以使用洗衣机皮带或轮胎本身来支撑螺旋桨。

必须使用较窄的梯形带，因为必须尽可能地拉紧，以避免打滑，从而有利于启动。锯齿形梯形带具有更好的抓地力，可以在相同张力下工作。

发电机可以是传统的，但必须确保其速度尽可能慢（卡车发电机...）以便其寿命更长且带不那么快。

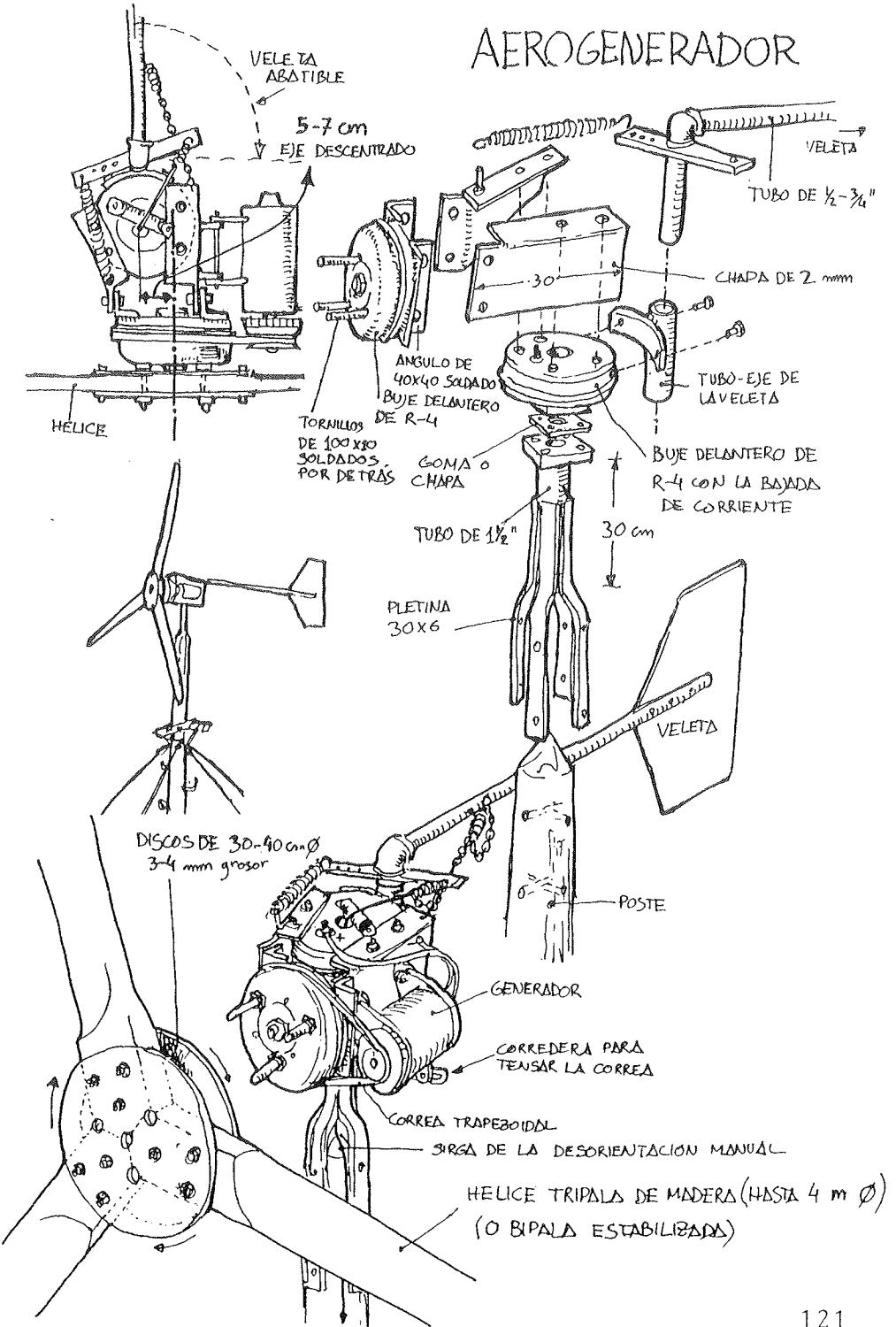
如果你想将安装在125或220 V，你必须使用异步发电机。

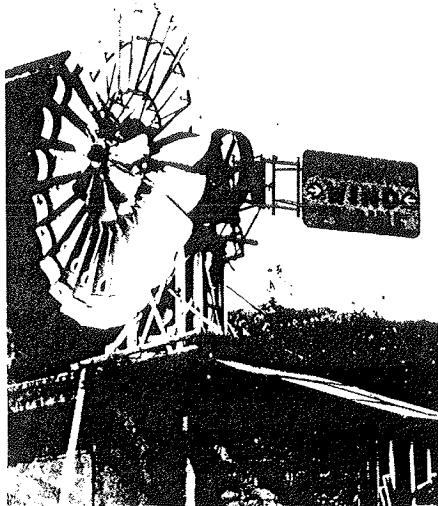
阅读“发电机”章节，以获得关于主题的更全面了解。

风帆将通过手动脱机装置来脱机，从而可以手动重新定向，并通过垂直轴上的脱机装置自动重新定向。脱机装置通过中心孔中的轴传递。螺旋桨轴相对于枢轴支撑轴偏心5至7 cm。风帆垂直轴相对于枢轴支撑轴偏心5至7 cm。自动重新定向从大于30-40 Km/h的风速开始。为此，你需要校准弹簧的位置或其在帆布上的位置，以适应帆布的运动。

帆布应占螺旋桨扫掠面积的2-4%。

对于更大的模型（3.5至4 m \varnothing ），必须研究在脱机装置之外放置制动器的可能性，以防止风帆自动重新定向。只有在实践中才可能实现。





MUTIPALA DE 2'5 m Ø EMPLEADO PARA ACCIONAR UNA SIERRA EN DIRECTO. LLEVA FUNCIONANDO FELIZMENTE MAS DE 15 AÑOS. TIENE UNA POTENCIA DE 5CV CON VIENTO DE 48 Km/h SUFICIENTES PARA SERRAR LOS MAYORES TRONCOS. ESTE MOLINO HA SOPORTADO VIENTOS DE HASTA 150 Km/h Y SUSTITUYE A OTRO MENOS RESISTENTE QUE SE ROMPIO EN UN VENDAVAL.

AEROMOTOR

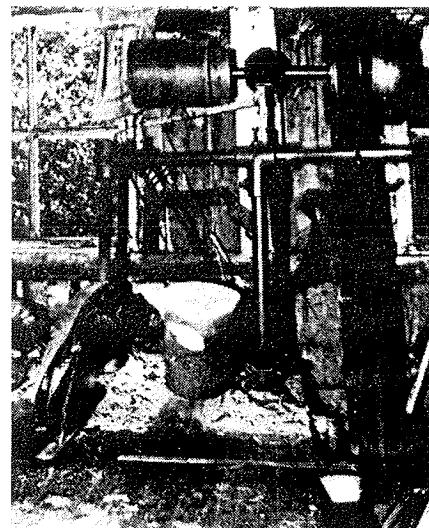
Molino ideal para comunidades que necesitan fuerza motriz, electricidad, e incluso calefacción.

Hay ocasiones en que es muy interesante tener una toma de fuerza para serrar, moler, mover un torno, una noria de bombeo de cangilones...

Cuando se piensa en potencias un poco fuertes (2 a 10 Kw) para máquinas (sierras, cepilladoras, tornos, fresadora, taladradora...) debemos rechazar la generación de electricidad para acumularla en enormes baterías y usarla luego para mover las máquinas. Esto es ruinoso. Estas máquinas (a menos que cambiemos los motores) funcionan con corriente alterna trifásica. Es muy difícil y caro encontrar convertidores que transformen la corriente continua de la batería en alterna trifásica con potencia para arrancar motores.

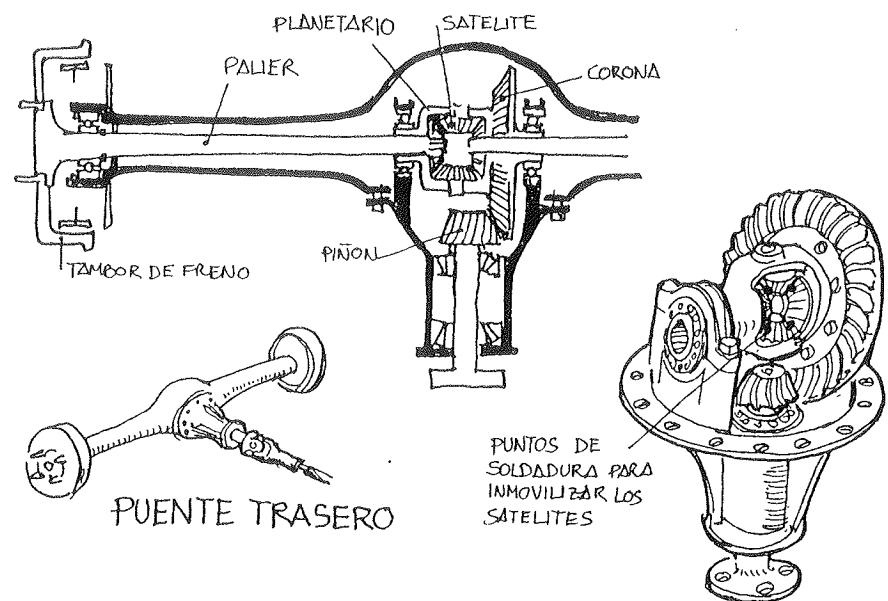
Es mucho más práctico, fácil y económico utilizar la fuerza del viento EN DIRECTO sin intermediarios ni pérdidas. Hay muchas horas de viento aprovechables al cabo del año (más de 3.000) durante las horas de trabajo, y no es muy difícil organizar el currelo de acuerdo con los vientos de la zona (esto ya lo hacían los molineros).

La instalación puede resultar parecida a los antiguos talleres con las máquinas acopladas por correas al árbol motriz que llega del molino.



Para estas aplicaciones, es necesario una transmisión que nos baje la fuerza de la hélice por un árbol motriz vertical y esto se consigue mediante el empleo de puentes traseros de automóviles. El puente trasero es el sistema de propulsión tradicional de la mayoría de coches antiguos y alguno moderno. También lo utilizan casi todas las furgonetas y camiones. Es muy robusto y tiene en su interior engranajes cónicos helicoidales muy silenciosos, que permiten multiplicar las revoluciones de la hélice por 4 ó 5.

El puente trasero tienen un grupo diferencial con engranajes, satélites y planetarios que debemos inutilizar con unos puntos de soldadura entre los engranajes (¡No estropees la corona ni el piñón!). Para poder extraer el grupo diferencial del puente es necesario desmontar los palieres de las ruedas.



De este modo, el palier girará solidario a la corona multiplicando al máximo las revoluciones.

Por lo general, eliminaremos el palier que no utilizamos para evitar al máximo rozamiento y fuga de aceite (el agujero que queda se cierra con un taco y una goma ajustados).

Con el puente trasero así preparado, tenemos buena parte del molino hecho. Sobre la rueda en la que dejamos el palier, montamos la hélice y la salida del cardán irá hacia abajo para mover lo que tengamos pensado.

Los puentes convencionales de coche (Seat 1.500, 1.430...) nos servirán para diámetros de hasta 6 metros. Para diámetros mayores (hasta 8-10 m Ø) es necesario utilizar los puentes de pequeños camiones (Avia, Ebro...). La forma más normal de soportar estos puentes traseros es sobre un brazo de suspensión de 2 CV.

El árbol motor vertical se acoplará al cardán del puente de modo que queda bien centrado sobre el agujero central del brazo de suspensión. Esto nos permitirá además colocar desorientación manual mediante el sistema de correderas que se describe en "bajada de corriente".

La hélice puede ser multipala con calado normal (v. "hélice multipala") o bien del tipo que utilizaban los auténticos y verdaderos molinos de viento de cuatro aspas (v. "hélice tradicional"). Las hélices aerodinámicas no sirven porque pueden sacarse del régimen aerodinámico y pararse si se les pide demasiado. Sin embargo, en las hélices citadas, cuanto más se les refrena más fuerza tienen, realizando todas las labores mecánicas de modo satisfactorio.

La hélice multipala es adecuada hasta 4m.Ø pero es mejor usar la tradicional para diámetros mayores.

Al bajar la fuerza motriz por el eje vertical, se produce una pequeña fuerza que tiende a desorientar el molino y apartarlo del viento. Por esto se debe colocar una veleta grande y bien situada que contrarreste ésta fuerza y mantenga la hélice bien orientada al viento.

El tamaño de la veleta será del 6-10% del área barrida por la hélice situada a una distancia del eje aproximadamente igual al diámetro de la hélice.

La veleta estará articulada para permitir la desorientación manual y automática por paleta lateral (v. "sistemas de regulación").

Toda la máquina se soporta en un poste fuerte de madera hasta 4m.Ø o bien en torre metálica para mayores diámetros. También puede construirse una torre circular de obra como en los antiguos molinos.

El árbol motor se arriostrará con cojinetes cada tres metros de modo que no se produzcan trepidaciones.

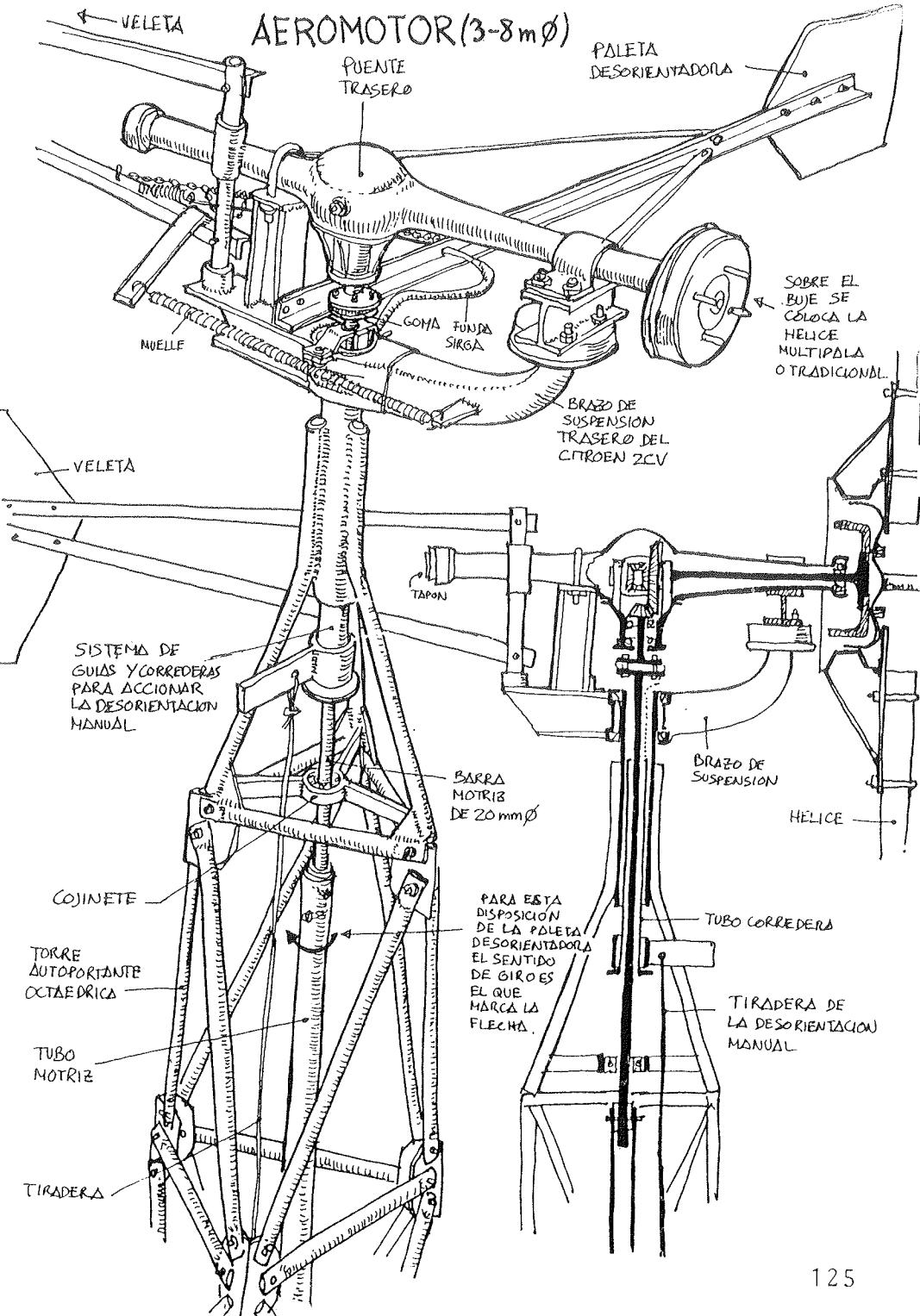
En la base de la torre, dispondremos las máquinas y aparatos que debe mover el aeromotor. La solución más normal puede ser acoplar una caja de cambios de coche de modo que dispongamos de una toma de fuerza con varias velocidades según usos y necesidades. De este modo, si tenemos por ejemplo un molino de 6 m Ø, que gira a 50 rpm con viento de 30 Km/h, mediante la multiplicación del puente trasero (x5) y la de la caja de cambios (con los satélites sin inmovilizar), podemos disponer de la siguiente gama de velocidades:

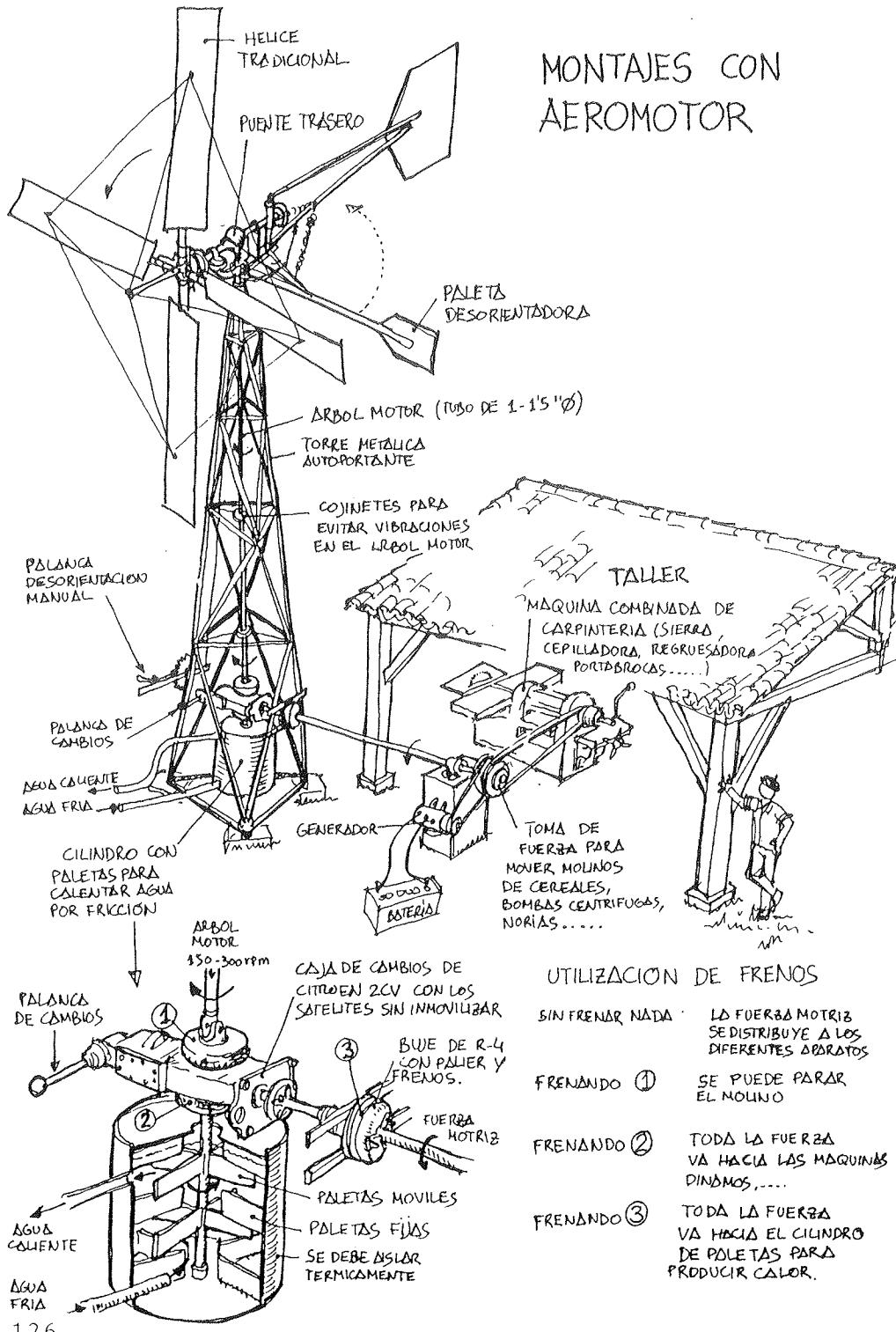
MARCHAS	ATRÁS	1ª	2ª	3ª	4ª
RPM	-2000	2000	1000	700	500

TABLA 20

También podemos usar la fuerza motriz para calefacción colocando bajo la caja de cambios un cilindro con paletas en agua que transforma la energía en calor. Para mandar la fuerza a un sitio y otro se emplean frenos convenientemente dispuestos.

Por supuesto, no hay ninguna pega para acoplar un generador eléctrico. Así, este molino se convierte en el más versátil de todos y uno de los más útiles en comunidades, ya que mientras no se trabaja en la sierra (por ejemplo), se puede dejar que el generador cargue las baterías o el molino produzca agua caliente.

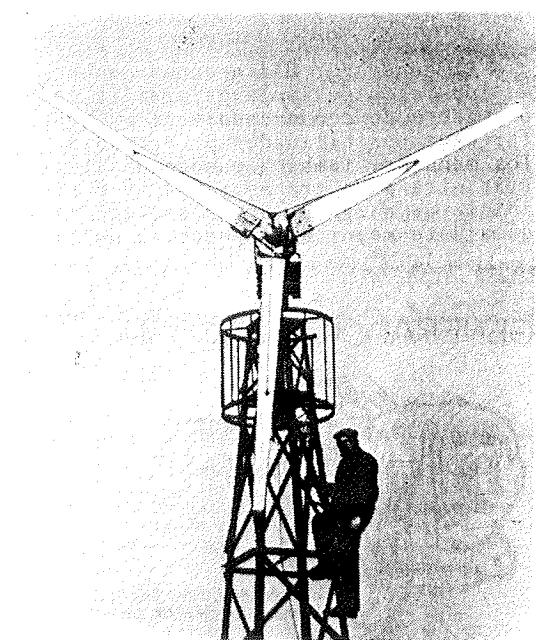




AEROGENERADOR
DE 5 m Ø Y 1000 W
DE POTENCIA AL LADO
DE SU CONSTRUCTOR.

ESTOS MOLINOS DE
POTENCIA MAYOR PUEDEN
CUBRIR INCLUSO LAS
NECESIDADES DE CALE-
FACCION DE LA CASA.

LA CASA DEBE ESTAR
BIEN AISLADA TERMICA-
MENTE Y A PODER SER
APDYADA CON ENERGIA
SOLAR PASIVA (VER BIBLIO-
GRAFIA)



SUPERGENERADOR

4 a 8 m.Ø 1.000 a 4.000 w electricidad. 4.000 a 20.000 w calefacci-
ón.

Es el modelo más sencillo para producir electricidad a gran es-
cala. Puede abastecer el consumo de una granja, proporcionar luz y
calefacción a una casa, o cubrir los consumos de electricidad de
una comunidad media-grande. También se puede acoplar a la red y
vender energía.

Para su construcción se emplean los componentes más resistentes
que podemos obtener de los coches viejos. Un brazo de suspensión
trasero de Citroën 2 CV, y una caja de cambios de Renault 8, R 10,
Dauphine, u otra similar de coche de tracción trasera con semiejes
articulados junto a la caja con cardán y rótula. Como en todos los
casos, inmovilizaremos los satélites del grupo diferencial de la
caja con unos puntos de soldadura. El aceite de la caja debe ser
un SAE 20-40 e incluso valvulina si el molino es para calefacción.

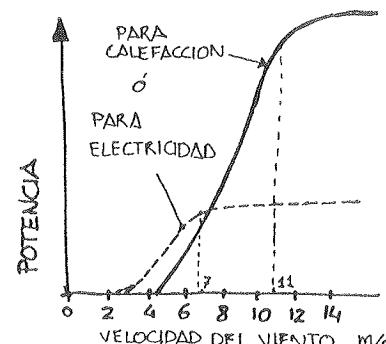
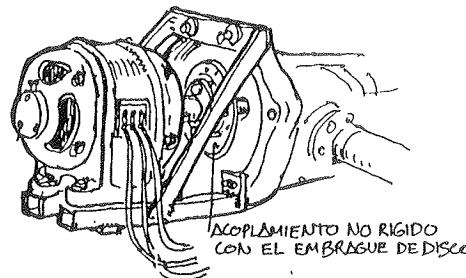
La hélice se colocará sobre la llanta de la rueda y la haremos
tripala según las cotas del perfil estrecho en una buena madera sin
nudos como se indica en "hélice aerodinámica".

La regulación se hace mediante desorientación automática por
eje descentrado ayudada por frenos aerodinámicos según se explica
en "sistemas de regulación". Estos sistemas se deben calibrar para
viento de 7 a 9 m/s si obtenemos electricidad para cargar baterías,
y de 11 a 12 m/s si se utiliza para calefacción, para aprovechar
los vientos rápidos de mucha energía. La regulación conseguida debe
ser simplemente perfecta ya que el molino es un pequeño monstruo.

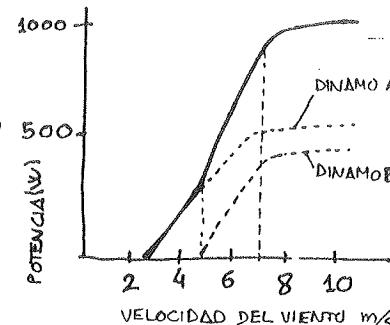
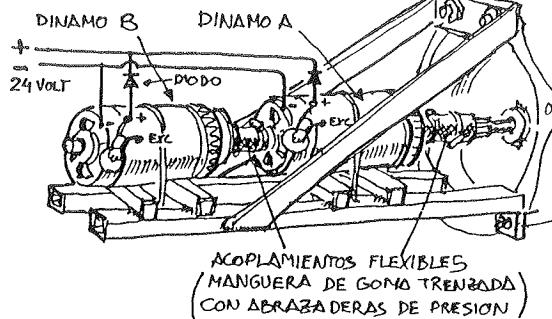
Cuando el generador utilizado sea un alternador asincrónico, se
producirá además la "regulación por pérdida de rendimiento". Con
este tipo de generadores, la velocidad de rotación se mantiene prá-
ticamente constante.

El generador más adecuado en este caso es el motor trifásico de inducción de jaula de ardilla convertido en generador, por acoplamiento de condensadores (en "generadores" se describen las diferentes posibilidades de este alternador asincrónico). En los modelos menores, también pueden utilizarse dos dinamos de camión una tras otra para trabajar a 24 V y producir 1.000 w de forma que el inicio de carga de una sea anterior al de la otra y la producción se ajuste mejor a la potencia del viento, según su velocidad.

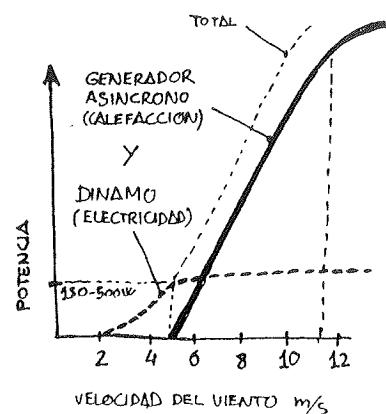
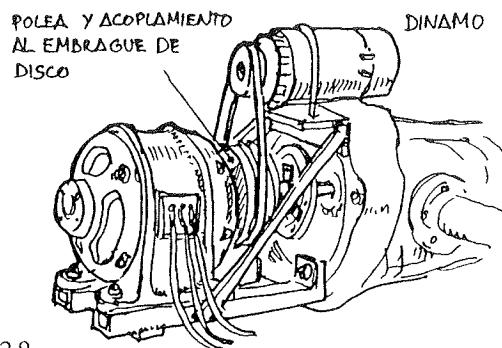
GENERADOR ASINCRONO



DINAMOS DE CAMION



GENERADOR ASINCRONO + DINAMO



Si el molino se emplea para electricidad y calefacción para la casa, es una solución muy útil emplear dos generadores, uno pequeño (dinamo de camión) para cargar baterías, para todos los usos excepto calefacción, que comience a generar con brisa de 6 a 8 Km/h y otro generador grande (motor asincrónico con condensadores) para calefacción, que comience a generar con viento de 16 a 20 Km/h, y que en verano, se desconecta.

POTENCIA DEL GENERADOR (WATIOS) SEGUN USOS Y DIAMETROS

DIAMETRO (m)	ELECTRICIDAD ($V_n=7\text{ m/s}$)	CALEFACCION ($V_n=11\text{ m/s}$)
4	800 - 1000	4000 - 5000
5	1000 - 1500	5.000 - 6.000
6	1500 - 2500	7.000 - 10.000
7	2500 - 3000	10.000 - 15.000
8	3000 - 4000	15.000 - 20.000

TABLA 21. En la tabla 21 aparece la potencia del alternador asincrónico en función del diámetro y la utilización del molino.

La bajada de corriente se hace dejando caer los cables por el agujero central del brazo trasero de suspensión del 2 CV de modo que se puedan enroscar y desenroscar a lo largo de toda la torre.

Cuando empleamos generadores asincrónicos, deberemos colocar arriba, en el molino, un grupo de fusibles del doble de la intensidad máxima del generador y si es posible, un guardamotor térmico. Los cables irán hasta la base de la torre. Abajo, o dentro de la casa, colocaremos los condensadores y los demás aparatos eléctricos acoplados (contactores automáticos de voltaje, transformadores, diodos, baterías, resistencias de carga). De este modo, si hay cualquier fallo en la bajada de corriente (cables sueltos, cortocircuitos) no ocurrirá nada grave.

Como el molino también tiene parada por desorientación manual y la sirga debe pasar por ese mismo agujero central, debes emplear, el sistema de guías y tubo corredera que se explica en "bajada de corriente".

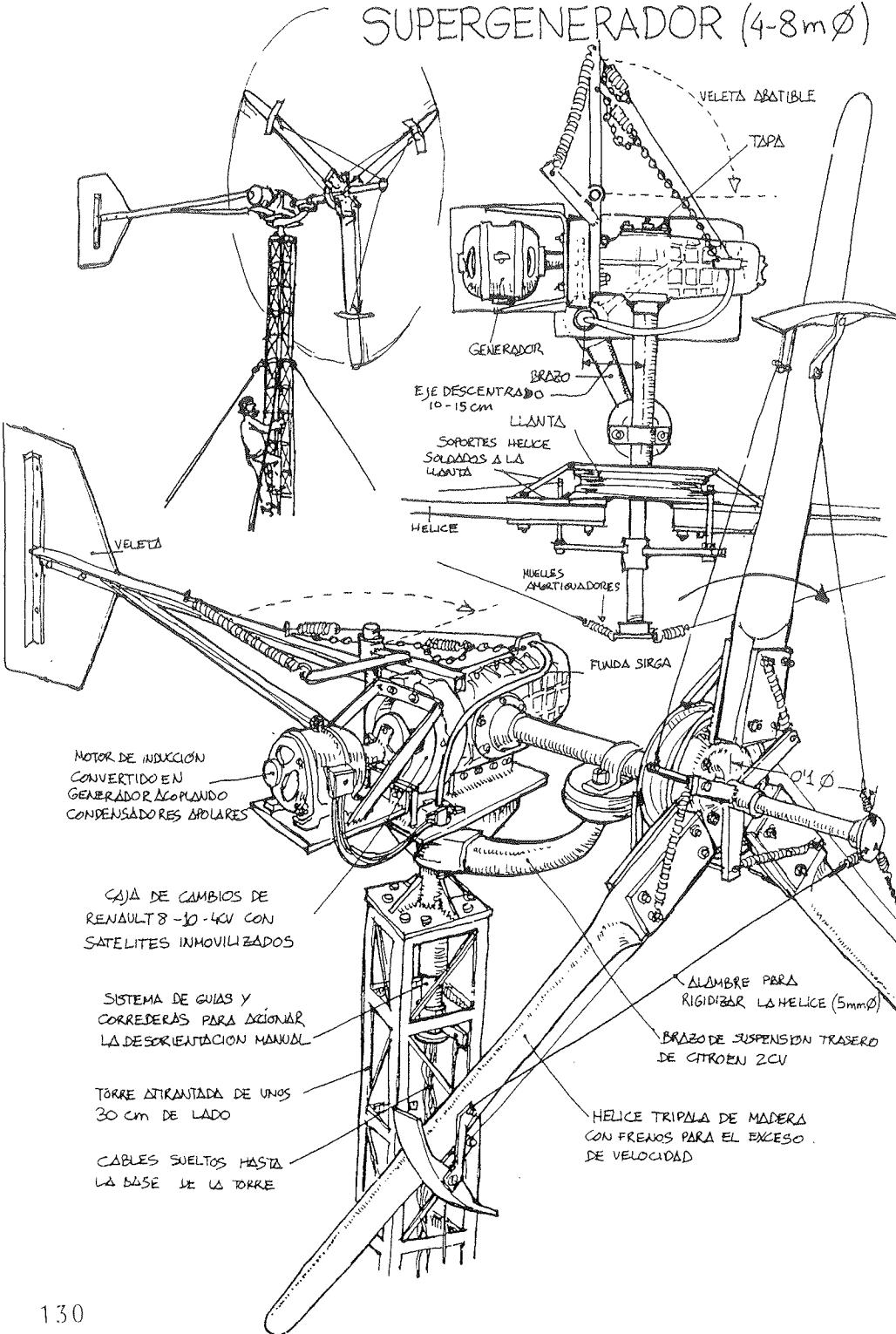
Para tener una idea de la energía que suministra el molino con velocidad nominal de 11 m/s ($V_n = 11\text{ m/s}$) debes interpolar los datos de la gráfica 2 aunque como dato orientativo un molino de 6 a 7 mØ suministrará 25 a 35 Kw.h diarios (20.000 a 30.000 Kcal. diarias) en un lugar con velocidad media anual de 4 m/s.

La construcción debe ser especialmente robusta en todas sus partes sin escatimar materiales. No te pasarás por demasiado fuerte. Por lo demás, el esquema de montaje es tan sencillo como el multipala-caja de cambios. El montaje queda aclarado en el dibujo.

La torre debe ser alta y muy fuerte, de estructura metálica y su altura no debe ser inferior a 10 metros. También pueden usarse tubos metálicos atirantados (16 a 24 cm Ø).

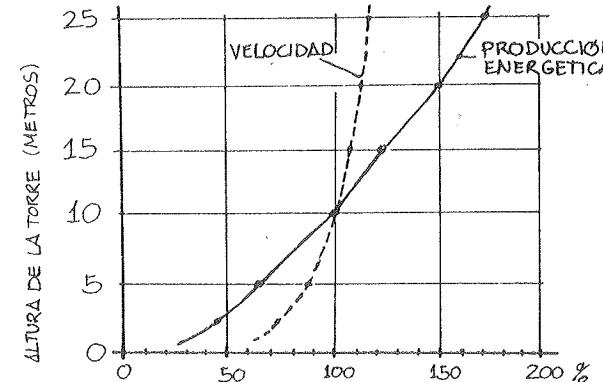
El diámetro de la hélice no debe ser menor de 3,5 mØ ya que de lo contrario el arranque puede dar problemas. Antes de hacer este modelo, recomendamos construir un multipala-caja de cambios para comprender todo perfectamente.

SUPERGENERADOR (4-8mØ)



TORRES

En las instalaciones eólicas, la torre juega un papel decisivo, ya que de su altura y emplazamiento, dependerá la producción del molino (gráfica 8):

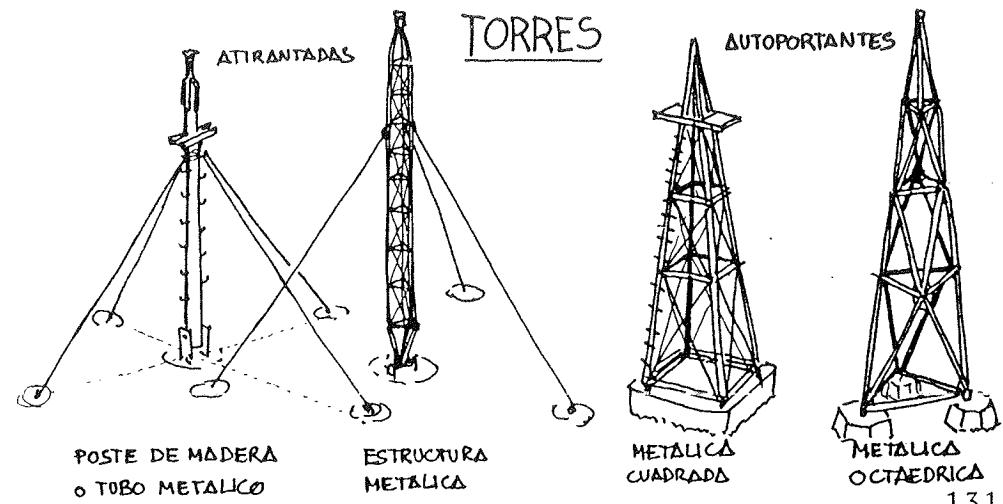


VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD Y DE LA ENERGÍA DEL VIENTO EN FUNCIÓN DE LA ALTURA DE LA TORRE EN TERRENO DE RUGOSIDAD MEDIA ($\alpha=0.20$)

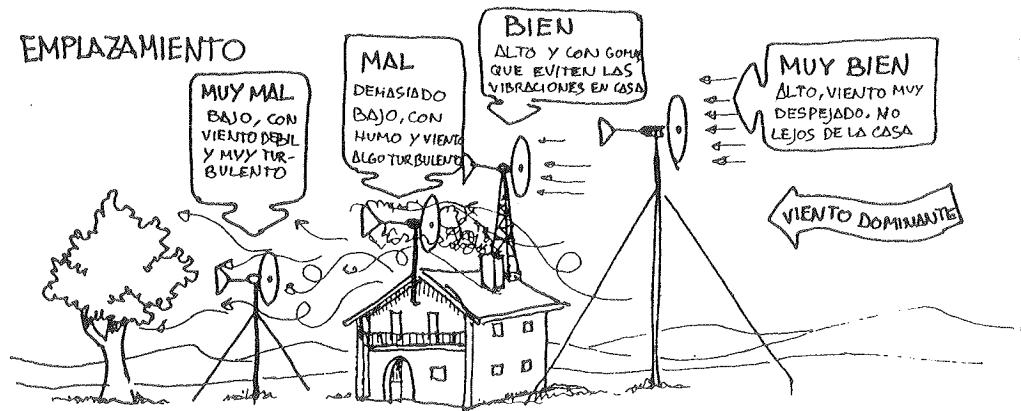
$$V = \left(\frac{H}{10}\right)^{\alpha} \quad H = \text{ALTURA TORRE}$$

La torre debe salvar todos los obstáculos de alrededor con holgura para que el molino reciba viento de velocidad y dirección constante. La altura más recomendable suele ser 10-15 metros, y en ningún caso se debe bajar de 7 metros. Por supuesto, la torre debe soportar todo el empuje del viento sobre el molino sin flaquear.

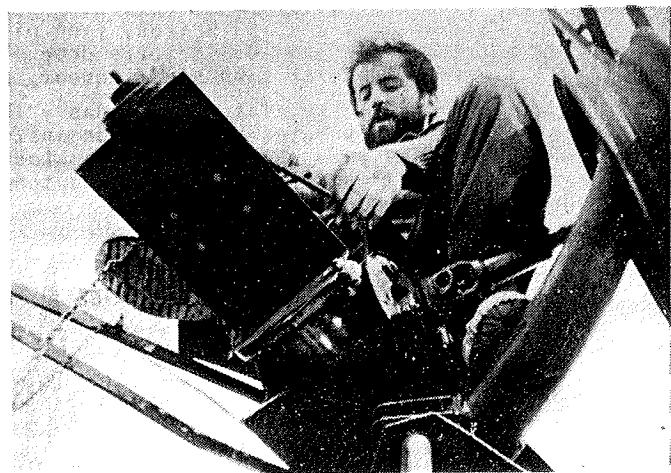
Existen dos tipos fundamentales de torre: las atirantadas y las autoportantes. Las primeras son las más baratas y fáciles de instalar, y por lo tanto las más extendidas para pequeños molinos. Las autoportantes son más caras y sólo se deben emplear cuando no tengamos otro remedio y no podamos poner tensores.



EMPLAZAMIENTO



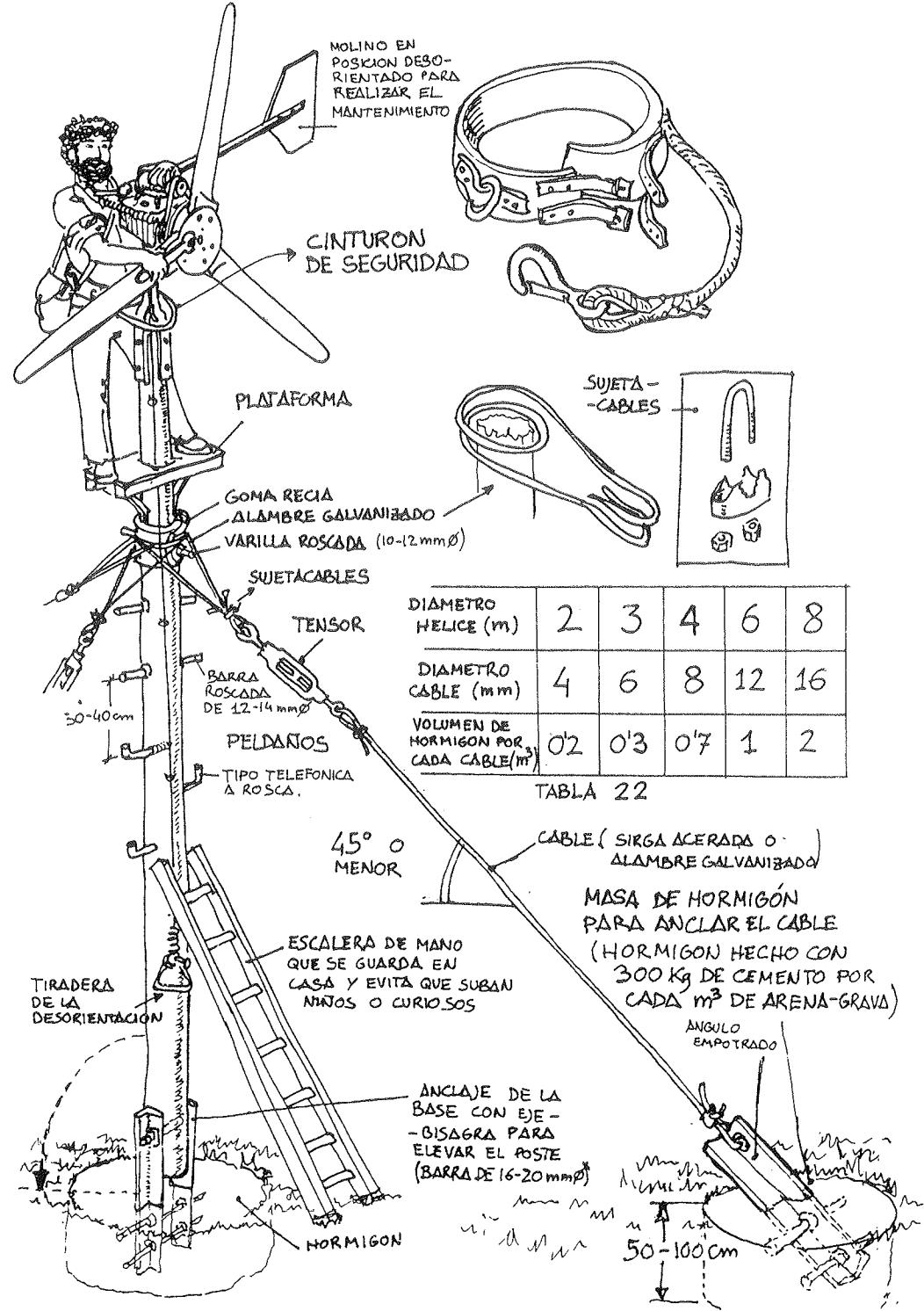
Una vez elevada la torre, montamos el molino pieza a pieza, procurando no perder muchas tuercas entre las lechugas de la huerta. Es un trabajo que requiere paciencia. No intentes montar el molino sin asegurarte antes de que funcionan todos y cada uno de los mecanismos a la perfección; las sorpresas, después de montado, dan mucho trabajo. Conviene subir todas las herramientas necesarias en un zurrón o en un cubo atado con una cuerda. El mantenimiento del molino es todo un arte que sólo se aprende después de subir y bajar muchas veces.

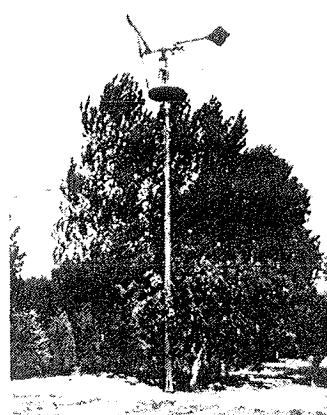


EL MANTENIMIENTO DEL MOLINO ES TODO UN ARTE. ALGUNOS SE LO MONTAN EN PLAN MUY COMODO...

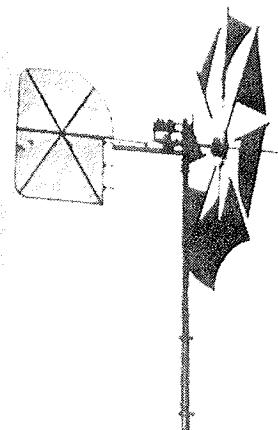
POSTE TELEGRAFICO

Es el tipo de poste más barato y sencillo. Sirve para molinos de hasta 4 m^Ø con postes de 15-20 cm Ø. Pueden conseguirse de muchas alturas desde 5 a 12 metros. Hay muchos postes tirados o abandonados en buen estado. Hay que elegir el más alto y fuerte. La Compañía Telefónica y las eléctricas suelen cambiártlos y tienen postes de desecho. Si no pudieras encontrar por estos medios, venden postes nuevos (entérate dónde con la Compañía Telefónica), no muy caros. Asegúrate de que esté tanalizado (color verdoso seco) y no creosotado (negro) pues si no, te pringarás cada vez que subas al poste.





BIPALA SOBRE
POSTE DE MADERA
DE 8 m DE ALTO



CRETENSE DE
4 m Ø SOBRE EL
POSTE METALICO
DE UNA FAROLA
DE 12 m ALTO

La fijación al suelo se hace de forma que el poste no esté en contacto con la tierra pues se pudriría. El anclaje del suelo debe servir como "bisagra" para cuando lo pongamos en pie.

Los cables tensores pueden ser de sirga acerada galvanizada, o bien alambre galvanizado (más barato). Se deben instalar de modo que la inclinación respecto del suelo sea de 45° o menos, para que trabajen lo más horizontalmente posible.

Si en algo no hay que escatimar es en los cables que sujetan el poste. Deben resistir los más huracanados vendavales sin romperse. Nunca poner alambre o cables de menos de 5 mm Ø.

En la tabla 22 se detallan las secciones de los cables y el volumen de hormigón por cable (4 cables).

Lo más normal es poner tres o cuatro cables. Lo más adecuado es cuatro cables, para facilitar la maniobra de subir el poste, con la máxima seguridad.

Los cables se sujetan al poste agarrándolos a la máxima altura posible, siempre que no interfieran con la hélice. Lo mejor es colocar una goma recia alrededor del poste y rodearla con los cables como aparece en el dibujo.

Para subir al poste, hay que poner peldaños. Son muy buenos los que utiliza la telefónica. Se meten a rosca en el poste. Los peldaños pueden hacerse también con varilla roscada de 12-14 mm Ø. De todos modos, si el poste está en el campo, no conviene colocar peldaños hasta el suelo para evitar que suban niños o curiosos (con gran peligro).

Para estar cómodo una vez que se sube al poste, conviene tener una pequeña plataforma sobre la cual apoyar bien los pies.

Una vez en la plataforma, es muy importante agarrarse al poste con un cinturón de seguridad. Nos permitirá trabajar con mucha comodidad (con las dos manos) y con confianza en esas alturas.

El cinturón de seguridad consta de un ancho cinturón de cuero y una cuerda muy recia que acaba en un fuerte mosquetón que se cierra en un anillo. Podemos encontrarlo en la guarnicionería o mirando en las páginas amarillas en "aparatos y equipamiento de seguridad y protección". A falta de cinturón de seguridad, ataremos una cuerda a la cintura que rodee el poste.

ELEVACIÓN DE UNA TORRE ATIRANTADA

CABLE TRASERO
COLOCADO QUE
SE TENSÁ CUANDO
EL POSTE ESTÁ
VERTICAL

PRIMERO SE
ELEVA CON UNA
ESCALERA TODO
LO QUE SE
PUEDA.

POLEA

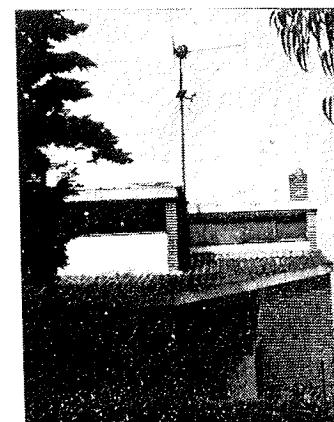
← LOS CABLES LATERALES ESTÁN
FLOJOS PERO IMPIDEN AL
POSTE LADEARSE DURANTE
LA ELEVACIÓN

SOGA
DESPUES SE TIRO DE
UNA SOGA HASTA DEJARLO VERTICAL.

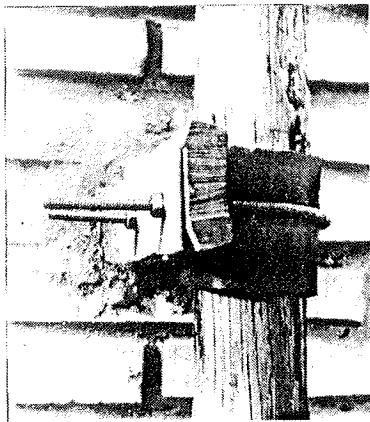
Una vez montada la plataforma, puestos los peldaños y el soporte del molino, podemos disponernos a subir el poste a su posición vertical en un día sin viento. Es una labor gratificante que se debe hacer con cuidado entre varias personas. El poste se sube todo lo que se pueda con una escalera, y después tirando de una cuerda con una polea agarrada, el poste se eleva hasta su posición vertical. Los cables laterales deben estar instalados aunque algo flojos, de modo que el poste no pueda ladearse mientras sube.

Este sistema de elevación sirve para todas las torres del tipo atirantado, aunque sean metálicas.

Si el molino se coloca sobre la casa, el poste debe sujetarse a la pared de modo que no transmita vibraciones molestas ni ruidos. Para esto basta interponer unas gomas recias (de una banda transportadora) entre los hierros empotrados en la pared, y el poste de madera. Ante todo, hay que comprobar que la pared es resistente y no vaya a ser que se nos caiga la casa!



CUANDO SE
SUJETA UN
POSTE A LA
PARED SE
DEBEN INTER-
PONER UNAS
GOMAS PARA
QUE NO SE
TRANSMITAN
NI RUIDO NI
VIBRACIONES



TORRE METALICA AUTOPORTANTE

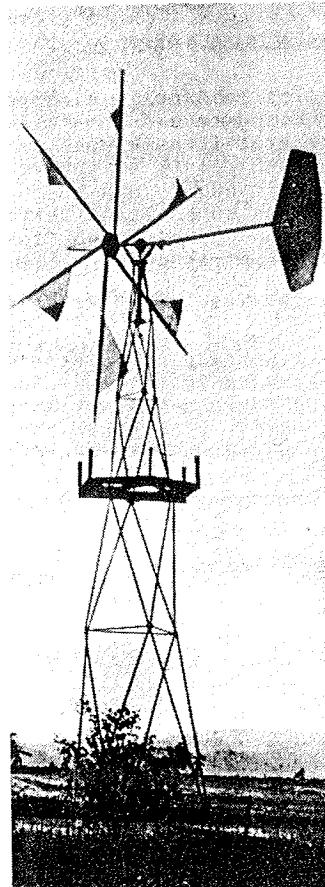
Cuando el lugar no nos permita colocar una torre atirantada por falta de espacio donde echar los cables necesitarás colocar una torre autoportante.

Normalmente se hacen de perfil de hierro de 40 x 40 mm sujeto mediante tornillos. Un buen ejemplo son las que se emplean en los tendidos eléctricos. La relación altura-base debe ser de unos 5 a 1; esto es, que una torre de 10 metros de altura, tendrá una base de dos metros.

En la base debe colocarse una fuerte masa de hormigón (1 a 2 m³ para un molino de 2-3 mØ) que impida el vuelco de toda la torre.

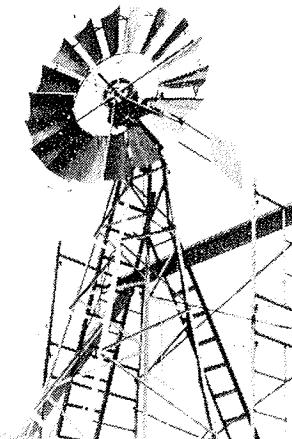
Estas torres pueden montarse a piezas, poco a poco, sin necesidad de gruas ni otros mecanismos.

Son especialmente resistentes las torres octaédricas hechas con tubo de una pulgada galvanizado. Se chafan los tubos en los extremos y se unen con tornillos de 12 mm Ø. Los nudos de la torre se hacen con chapas de 150 x 200 x 6 mm. De todos modos, estas torres resultan más caras que las atirantadas y antes de hacerla debes buscar alguna vieja torre en la chatarrería que resulte adaptable a tus necesidades.



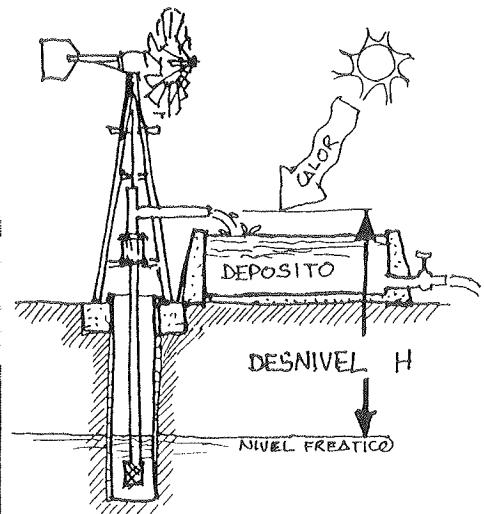
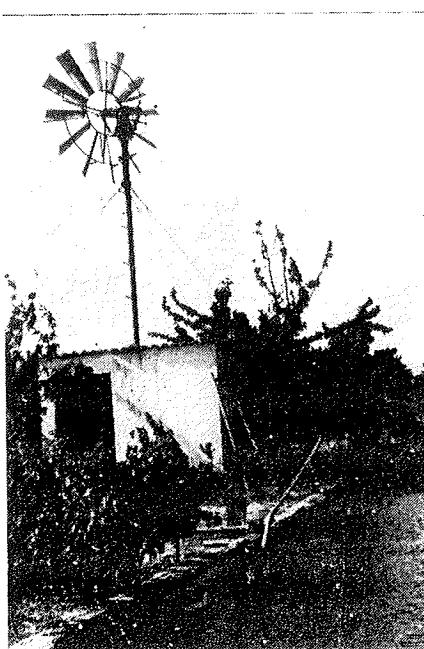
←
TORRE OCTAEDRICA DE 12M PARA UN AERO-MOTOR CON HELICE CRETEN SE PE7mØ

DURANTE EL MONTAJE LA TORRE SUELE RODEARSE DE ANDAMIOS, ESCALERAS...



BOMBAS

Siempre que se desea extraer agua de un pozo o bien elevarla hasta un depósito, se necesita algún tipo de bomba que debemos usar según las necesidades que tengamos. Cualquiera que sea el tipo de bomba, debemos tener en cuenta que, para una misma potencia del molino, el caudal bombeado será menor cuanto más desnivel haya que salvar. El desnivel debe medirse desde la superficie del agua del pozo, hasta el nivel del depósito.



EN LAS INSTALACIONES DE BOMBEO DEBE EXISTIR UN DEPOSITO PARA ACUMULAR EL AGUA.

En todas las instalaciones de bombeo eólico, conviene colocar un depósito para acumular el agua bombeada y permitir que el sol la caliente. El depósito debe tener por lo menos una capacidad equivalente al caudal bombeado por el molino en un día. De este modo, aunque un día no haya viento, podemos regar.

La elección de tamaño de nuestro molino de bombeo debe hacerse de acuerdo con el caudal diario necesario y el desnivel o profundidad del pozo. En cada molino de bombeo hemos incluido una tabla con el caudal bombeado al día y el volumen de la bomba según el desnivel. (Tablas 17, 18 y 19).

Como regla general, aunque cambia según regiones y cultivos, se necesitan al día 2,5 litros/m² de huerta (25 m³/Hectárea y día). Multiplicando este número por los metros cuadrados de la huerta, obtendremos el caudal diario necesario.

Después elegiremos el molino de viento que cubra nuestras necesidades con holgura. Cuando sólo deseemos elevar agua para consumo doméstico (200-1.000 litros/día), no es necesario tener un molino de bombeo. Con la electricidad del aerogenerador, podemos mover una pequeña bomba de las que se acoplan a los taladros, con un motor eléctrico (dinamo usada como motor) y basta.

BOMBAS DE EMBOLLO

Las bombas de émbolo son las más generalizadas en instalaciones eólicas por su sencillez y pocas averías. Se pueden hacer en todos los tamaños, según nuestras necesidades y la potencia del molino. Las típicas bombas "de jarra" que se ven en los huertos, son bombas de émbolo. Estas bombas pueden moverse también con un molino de viento, con óptimos resultados.

El volumen de la bomba será el área del émbolo por la carrera recorrida, como la cilindrada le los motores.

$$\text{Volumen (cm}^3\text{)} = 3,14 \cdot r^2 \cdot c$$

donde el radio (r) y la carrera (c) se expresan en centímetros.

La carrera suele ser de una a dos veces el diámetro, aunque depende del tipo de bomba. Si nos hemos pasado con el tamaño de la bomba, deberemos reducirle la carrera haciéndole más corta la excentrica de accionamiento.

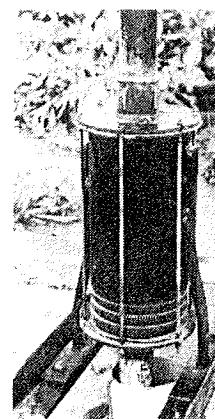
Cuanto mayor es el diámetro de la bomba, mayores son los esfuerzos mecánicos, y cuanto mayor es la carrera, mayor es el desgaste del cuero del émbolo.

Las bombas deben hacerse muy sólidas ya que están sometidas a esfuerzos importantes. Por ejemplo, una bomba de 12 cm Ø que salve 10 metros de desnivel, necesita una fuerza de 120 Kg para empezar a sacar agua.

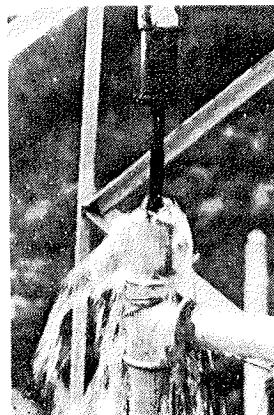
Estas bombas, no deben trabajar a más de 40-50 "emboladas" por minuto porque las aceleraciones del agua son fuertes, y los esfuerzos, más importantes.

El conducto de aspiración de estas bombas, no debe ser mayor de 7 metros. En caso contrario, se produce cavitación que destruye el émbolo.

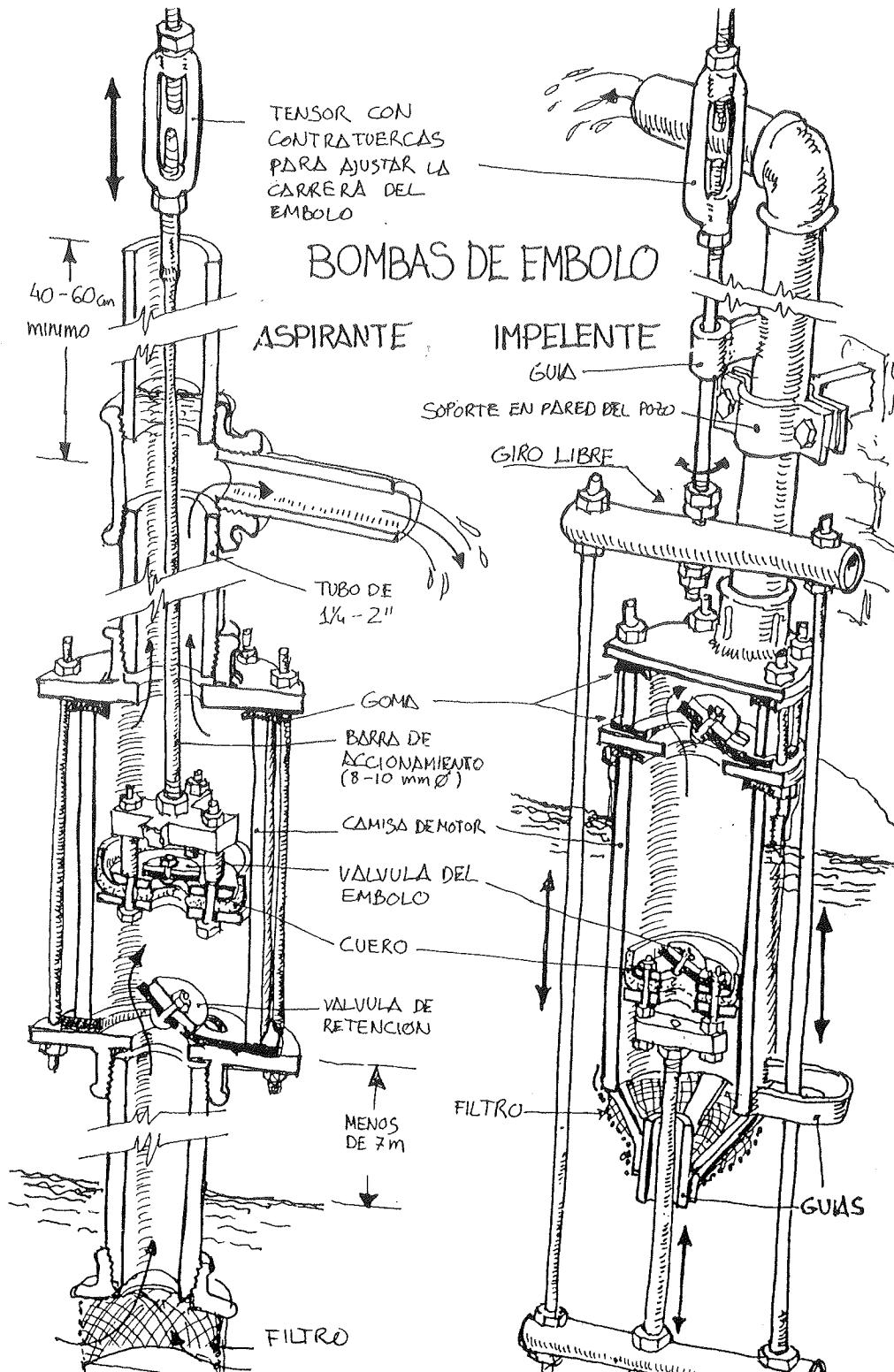
Las bombas de émbolo pueden hacerse con los materiales más diversos según necesidades y disponibilidades. Son muy buenos los cilindros o camisas de los motores de los coches, tractores y camiones (los más grandes). Las mejores camisas son las que están cromadas por dentro.



BOMBA DE EMBOLLO
HECHA CON UNA
CAMISA CROMADA DE
MOTOR DE 12 CM Ø
BOMBEA 2 LITROS POR
CADA EMBOLADA.



SOBRE LA "T"
DEBE EXISTIR UN
TRAMO DE TUBO
DE 40-60 CM
PARA QUE NO OCURRA
LO DE LA FOTO →



El émbolo se hace con un disco de cuero sujetado entre dos arandelas de hierro. El cuero se trabaja mojado y coge la forma que deseamos. Lo más normal es que tenga 3 a 5 mm de espesor.

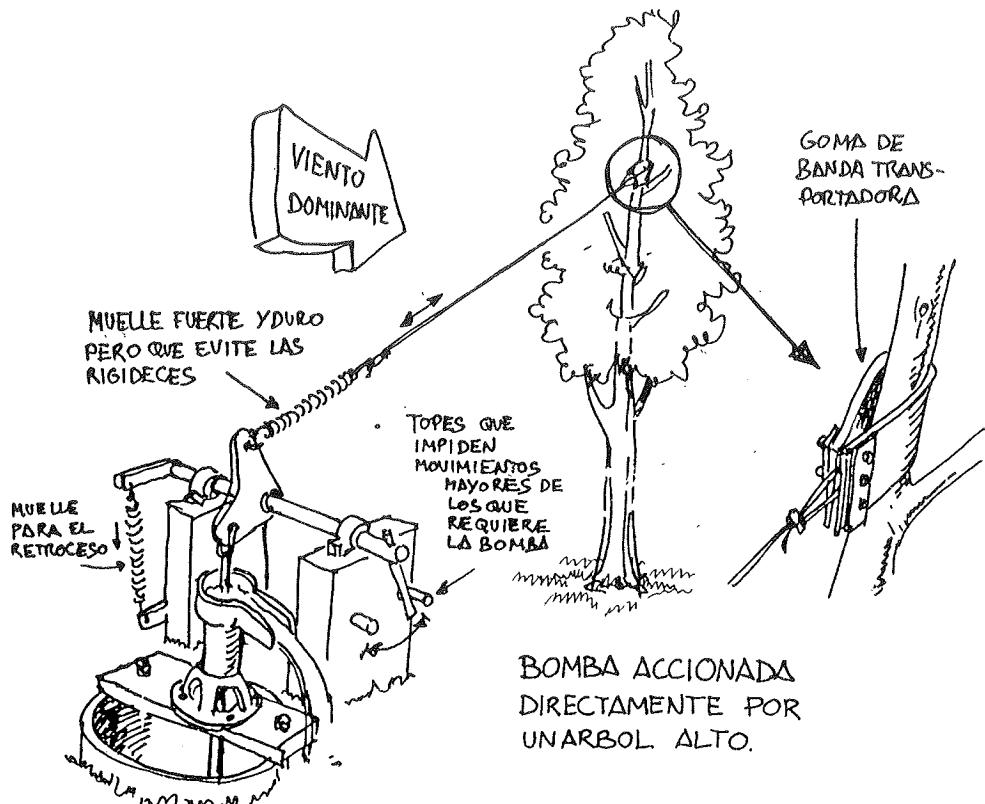
El ajuste del émbolo, también puede hacerse mediante anillos tóricos, aunque suele dar peor resultado de no hacerse muy bien en el torno.

Las válvulas se hacen con un pequeño disco de goma de cámara de tractor, anillos tóricos de goma y canicas de vidrio, o pelotas de goma.

Damos dos diseños de bombas. Una funciona por aspiración (hasta 7 metros de aspiración) y puede subir agua hasta unos 15 m. La bomba suele estar a nivel del suelo (si el pozo tiene menos de 7 m de profundidad); así es más accesible para reparaciones.

El otro tipo de bomba, va sumergida, trabaja por impulsión y puede elevar el agua a mayores alturas. La barra que la acciona, va por fuera del tubo. Es muy útil cuando se quiere elevar agua a distintas alturas: depósito de agua para usos domésticos, depósito para regar, riego directo por aspersión... Esta bomba puede elevar el agua hasta 30-50 m de altura.

En ambos tipos de bombas, se coloca un tensor de cables retocando en la barra de accionamiento, para poder ajustar perfectamente la carrera de la bomba y evitar que el émbolo pegue con los discos de hierro por arriba o por abajo.



BOMBA PARA GRANDES PROFUNDIDADES

Cuando el agua está a mucha profundidad (20-60 m) y en vez de pozo, tenemos un sondeo de 10 a 15 cm Ø, la bomba debe ser especial, muy estrecha y capaz de trabajar sin problemas.

En este caso, el tubo (de plástico negro) hace también de cilindro para el émbolo. El tubo lleva una válvula y alcachofa en el fondo, además de un lastre de plomo o similar que lo mantenga estirado (el tubo no debe apoyarse en el fondo, debe ir colgado de arriba).

El émbolo se hace con una barra de hierro de un metro de longitud en cuyo extremo va una válvula y el cuero como en las bombas normales. La barra debe ir holgada en el tubo de plástico y se acciona por medio de un alambre galvanizado de 1 a 3 mm Ø según la bomba. El émbolo se introduce desde arriba, después de que el tubo de plástico está metido y sujetado arriba. Abajo del todo, en la zona donde trabaja el émbolo, es bueno colocar un tubo metálico alrededor del de plástico para evitar el pandeo del tubo y los consiguientes roces del émbolo por dentro.

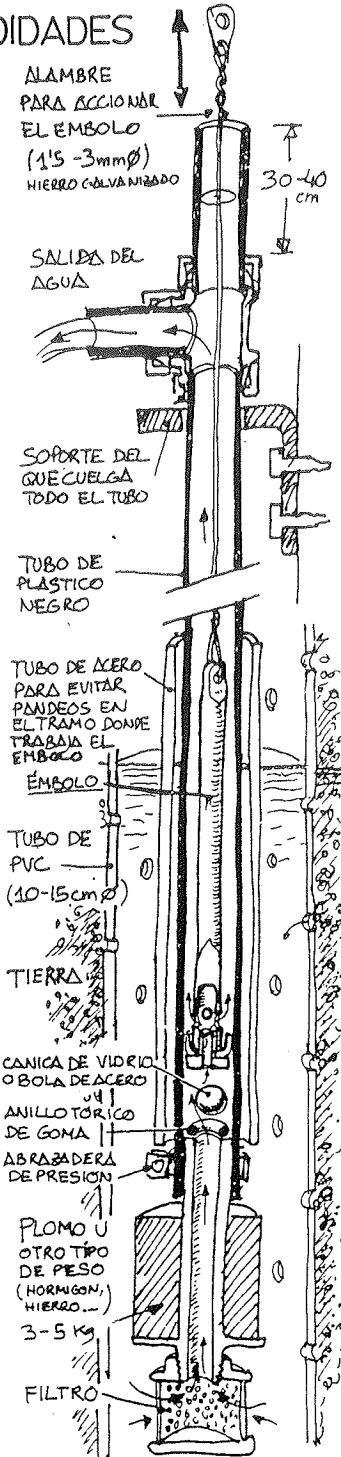
La carrera puede ser de 20 a 30 cm y el diámetro de 20 a 60 mm según necesidades. Mediante la siguiente fórmula puedes calcular el diámetro adecuado del tubo según el volumen de la bomba que necesitas:

$$\text{Diámetro (cm)} = 1,12 \sqrt{\frac{\text{volumen bomba (cm}^3\text{)}}{\text{carrera (cm)}}}$$

Es necesario que la bomba no trabaje a más de 30 emboladas por minuto, por lo que se recomienda accionarla mediante una panémona.

DETALLE DEL ÉMBOLO

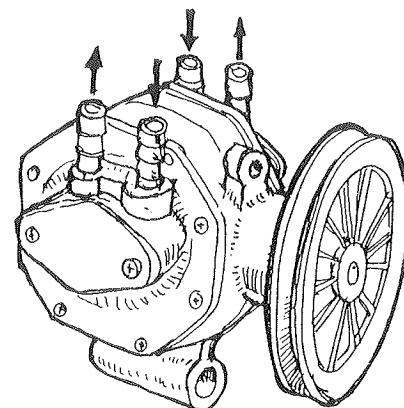
- BARRA DE HIERRO MACIZA (1m de larga)
Ø BARRA = 0'7-0'6 Ø TUBO
- BOLA DE ACERO (DE ALGUN COJINETE VIEJO)
- ANILLO TÓRICO DE GOMA
- CUERO (1'5-3 mm espesor)
- TORNILLO RETOCADO Y TALADRADO
Ø TALADRO = 0'3-0'2 Ø TUBO



BOMBAS DE MEMBRANA

Son las que funcionan por el mismo principio que las de émbolo, sin piezas que deslicen. La membrana de goma se encarga de aspirar e impulsar el agua. Pueden hacerse artesanalmente, aunque no son tan fáciles como las de émbolo.

Hay una bomba de membrana que suelen llevar los camiones y algunos coches para accionar aparatos a vacío. Es el "depresor"; está formado por dos pequeñas bombas de membrana de doble efecto adosadas y se pueden accionar mediante una correa. Puede acoplarse a un rotor Savonius y también se puede mover con un pequeño motor eléctrico de limpiaparabrisas acoplado al eje. Puede salvar un desnivel de hasta 20 metros, no aspira más de 2-3 metros, y da un caudal de 50 cc por cada vuelta del eje. Estas bombas no deben estar sumergidas. A veces se ven depresores de este tipo en las chatarrerías.



DEPRESOR

BOMBA DE
MEMBRANA DE
DOBLE EFECTO
50 cm³ por vuelta

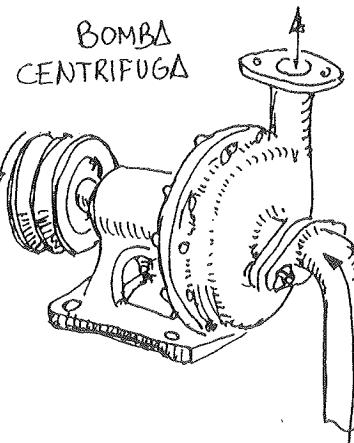
BOMBAS CENTRIFUGAS Y NORIAS

Las bombas que hemos visto (émbolo y membrana), funcionan de forma discontinua mandando el agua a impulsos. Existen otros tipos de bombas que funcionan con continuidad: las centrífugas y las norias de cangilones.

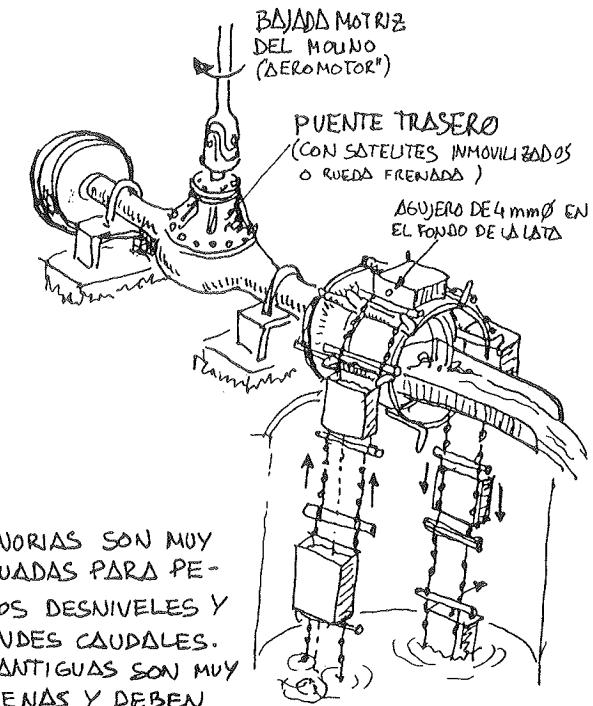
Las bombas centrífugas necesitan un régimen de revoluciones alto (1.500 a 3.000 rpm) y tienen un rendimiento energético de 60-70 %. Existen de todos los tamaños, caudales y desniveles. Se pueden acoplar al "aeromotor" y serán estaciones de bombeo importantes para comunidades de regantes, abastecimiento de agua para pueblos, grandes fincas, etc.

Estas bombas pueden moverse también con motores de corriente continua (dinamo usada como motor) cuando se dispone de electricidad sobrante del aerogenerador y se necesita regar una pequeña huerta.

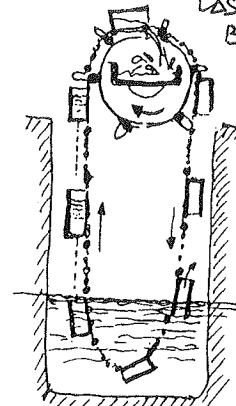
La noria de cangilones es muy útil para desniveles menores (1 a 4 metros) y funcionará bien con el "aeromotor" y el "rotor Savonius". La noria se hace sujetando latas a dos cadenas. Tradicionalmente se ha utilizado para moverla con animales o con molinos de viento (molinos de Cartagena).



NORIA DE CANGILONES



LAS NORIAS SON MUY
ADECUADAS PARA PE-
QUEÑOS DESNIVELES Y
GRANDES CAUDALES.
LAS ANTIGUAS SON MUY
BUENAS Y DEBEN
RECUPERARSE

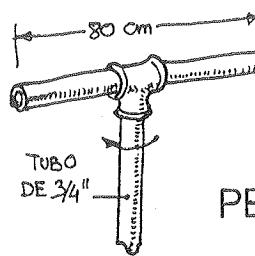


ARIETE HIDRAULICO

Si quieres bombear el agua de un arroyo o acequia, deberás utilizar (si es posible) un ariete hidráulico tal y como se describe en "ariete hidráulico" en este cuaderno. Es más sencillo y manejable que un molino de viento.

POZOS Y SONDEOS

Si ya tienes un pozo hecho y has determinado el caudal que saca por hora, deberás poner una bomba adecuada para que en ningún momento, el molino pueda agotar el pozo; en tal caso, trabajaría la bomba en vacío. Las bombas eólicas suelen exigir caudales pequeños, y por ello, en la mayoría de los casos, basta con practicar un sondeo (10-15 cm Ø) hasta llegar a la capa freática. Estos sondeos pueden hacerse contratando una máquina especial o bien a mano si el terreno no tiene piedra y no es demasiado duro.



PERFORADORA MANUAL

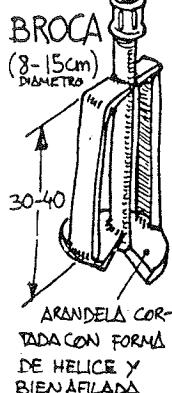
Antes de hacer un pozo con excavadora, gastos, etc., deben hacerse sondeos donde indique el zahorí. Si cubrimos nuestras necesidades con el caudal suministrado por el sondeo, no es necesario gastarse inútilmente el dinero haciendo un agujero con excavadora.

Las perforaciones manuales se hacen con una broca artesanal como aparece en el dibujo. Se acciona con tubos de 3/4" y se añaden más tramos de tubo conforme se va descendiendo. Se pueden llegar a perforar 15 metros sin mucha dificultad. Conviene comenzar con una broca de 8-10 cm Ø y acabar con una de 15 cm Ø.

Cuando la broca se llena de tierra después de darle unas vueltas, se saca y se limpia. En dos tardes y entre tres personas puede dejarse acabado un sondeo de 10 m de profundidad y 15 cm Ø en terreno arenoso.

Después se introduce un tubo de PVC de 10 ó 12 cm Ø que tenga agujeros en los 3-4 metros de la punta para que pueda penetrar el agua. Este tubo impide que el sondeo se sifone y arruine.

Con el tiempo, se forma alrededor del sondeo una cámara a la cual afluye el agua en cantidad, y podemos sacar mayores caudales. Los sondeos no requieren ningún permiso oficial.



4

Anexos y complementos

TIPOS DE MULTIPLICACION

En los molinos y turbinas, suele necesitarse generalmente algún tipo de multiplicación que eleve las revoluciones de la hélice para acoplar el generador eléctrico, la sierra u otra máquina.

A continuación se describen los diferentes sistemas más utilizados para multiplicar revoluciones, indicando sus ventajas e inconvenientes.

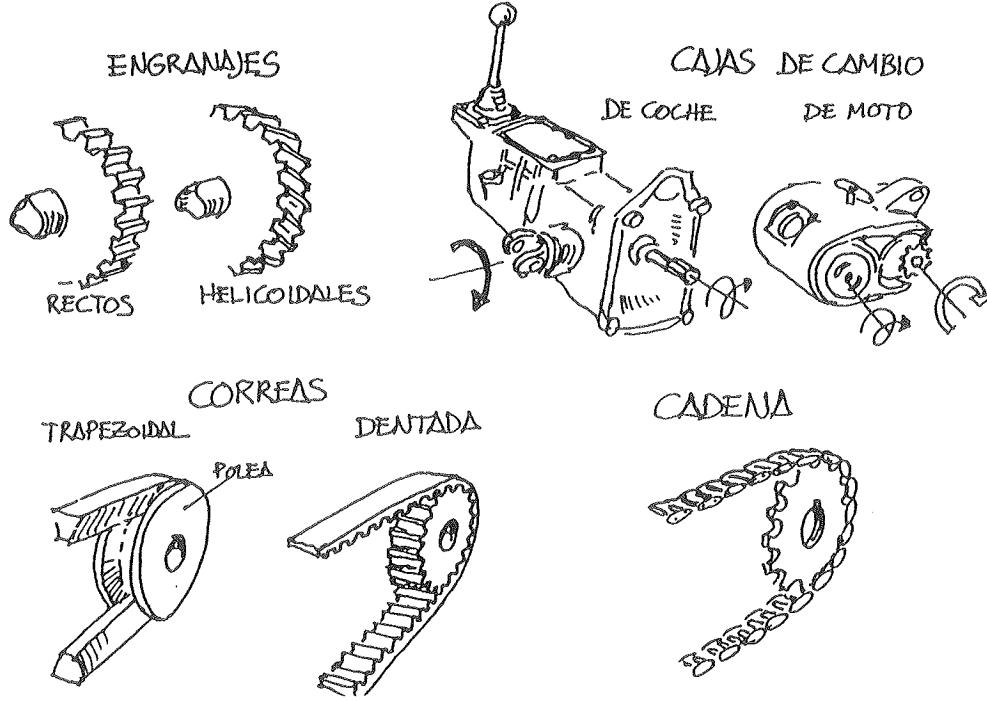
CAJA DE ENGRANAJES

Tienen relaciones de multiplicación muy variables y pueden encontrarse en el mercado nuevas, aunque te costarán demasiado.

Es mejor utilizar las cajas de cambio usadas de los coches, que llevan agrupado el motor y la transmisión (2CV, Renault 4, Seat 600, ...). Estas cajas te permiten varias relaciones de multiplicación, en óptimas condiciones (1:5 a 1:25 en la Citroën 2CV, 1:4 a 1:16 en las de Renault 4). Estas cajas llevan engranajes helicoidales en baño de aceite, y son muy silenciosas, excepto en la marcha primera.

Las cajas de cambio de moto son buenas, pero ruidosas, debido a que casi todos los engranajes son rectos. Los engranajes de cajas de cambio de Vespa, son helicoidales.

Estas cajas de moto, suelen requerir algún trabajo de torno ya que conviene sustituir el eje del motor con sus excéntricas, por un eje nuevo sin excentricidad. La mayoría de las veces basta con equilibrar el eje como se indica en "magnetos de moto").



Los puentes traseros son también un buen multiplicador (1:4 a 1:5), con engranajes helicoidales. Son silenciosos y seguros, aunque pueden ser algo duros de mover debido a las juntas y empaquetaduras para que no se fugue el aceite.

Para grandes multiplicaciones ($\times 100$), son útiles las cajas de cambio de tractor, sobre todo en ruedas hidráulicas grandes.

Los engranajes, nunca deben funcionar en seco. Deben ir en baño de aceite adecuado. Para la transmisión de grandes potencias (10 a 20 Kw) se debe utilizar valvulina SAE 60-80, mientras que para la generalidad de los molinos, debe emplearse aceite ligero SAE 10-20 que no se congela en invierno y permite multiplicar revoluciones en potencias pequeñas con menos pérdidas.

Una caja de engranajes casi ni necesita mantenimiento. Basta con cambiar el aceite cada uno o dos años.

De todos modos, la caja debe estar muy sobredimensionada en potencia (3 ó 4 veces más, como mínimo) ya que tendrá que funcionar durante muchos miles de horas.

CORREA TRAPEZOIDAL

La correa es fácil de instalar, barata y muy estandarizada por lo que es fácil encontrar correas y poleas de todos los tamaños (lavadoras viejas...). La correa es fácil de acoplar a los generadores puesto que casi todos llevan la polea incorporada, y es útil para multiplicaciones de hasta 5-6 en una sola etapa. Es silenciosa no importa mucho que se moje y requiere poco mantenimiento. La correa ofrece algo de rozamiento, y puede dar problemas de arranque en molinos con hélice aerodinámica. En tal caso se debe tensar el mínimo para que no patine.

CADENA

Las cadenas resultan eficaces para multiplicaciones no muy grandes (1:2 a 1:4). Son algo más difíciles de acoplar que las poleas, pero no ofrecen apenas resistencia. Las cadenas de bici sirven para generadores de hasta 400 - 500 w.

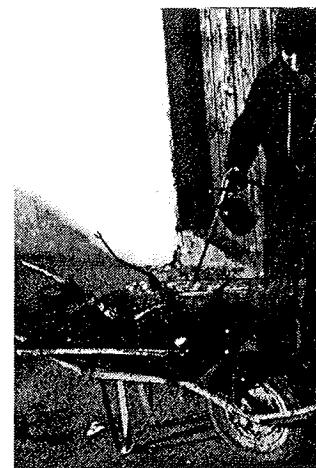
Las cadenas tienen el problema de ser algo ruidosas y requieren bastante mantenimiento. Si queremos que nos dure, la debemos limpiar cada tres a seis meses en gasoil para ser engrasadas con grasa consistente de nuevo. La cadena se debe proteger de la lluvia. No resulta fácil construirle un alojamiento para que vaya en baño de aceite.

CORREA PLANA DENTADA

Reúne las ventajas de la cadena y de la correa trapezoidal. Es silenciosa y apenas tiene rozamiento resultando una transmisión eficaz. Es mucho más cara que la trapezoidal y resulta difícil encontrar poleas dentadas de los diámetros que se suelen necesitar. Estas poleas también son caras.

ALUMNO DE F.P. ULTIMANDO UN MULTIPALA - CAJA DE CAMBIOS

ANTES DE USAR UNA CAJA DE CAMBIOS ES NECESARIO DARLE UNA LIMPIEZA CON GAS-OIL.



GENERADORES

La dinamo o alternador, es una de las partes más importantes del aerogenerador o turbina, ya que su misión es transformar la energía de rotación en energía eléctrica. Ambos tipos de generadores, se fundamentan en el movimiento relativo de una bobina y un campo magnético, de forma que se produce corriente eléctrica.

Hay bastantes tipos de dinamos y de alternadores. Su diseño, construcción, potencia, y demás características, es muy variable, desde uno de bicicleta, hasta los de las grandes centrales, pasando por los generadores utilizados en motos, coches, camiones, barcos, aviones y otros que describiremos.

En los generadores, hay algunas características especialmente deseables, entre las que destaca la preferencia por los generadores lentos, o de servicio pesado. Son de máxima duración y mínimas averías. También es de desear un mantenimiento mínimo, y cuanta mayor simplicidad de funcionamiento, mejor. Por ejemplo, los alternadores de automóvil no suelen ser buenos generadores ya que no se autoexcitan y se necesitan acoplar otros sistemas complementarios, con las consiguientes dificultades, averías, etc.

En la tabla 23, se describen las principales características de diferentes generadores:

CARACTERISTICAS DE LOS GENERADORES

TIPO DE GENERADOR	POTENCIA (WATIOS)	REGIMEN DE RPM	VOLTAJE	VENTAJAS	INCONVENIENTES
MAGNETO DE MOTO	<50 W	900 - 2000	12 V	MANTENIMIENTO NULO. SIN ESCOBILLAS	SIN REGULACION
DINAMO DE COCHE	<300 W	1500 - 2500	12 V	AUTOEXCITADA ADMITE REGULACION	CON ESCOBILLAS. CONSTRUCCION MEDIOCRE
DINAMO DE CAMION Y TRACTOR	<500 W	700 - 1500	12-24 V	AUTOEXCITADA. ADMITE REGULACION. LENTA SOLIDEZ CONSTRUCCION	CON ESCOBILLAS
ALTERNADOR DE COCHE	<600 W	1200 - 2500	12-24 V	ADMITE REGULACION	NO SE AUTOEXCITA CON ESCOBILLAS Y ANILLOS COLECTORES MEDIOCRES.
ALTERNADOR LENTO	<600 W	150 - 600	12-24 V	CONSTRUCCION MUY SOLIDA. LENTO ADMITE REGULACION	CON ESCOBILLAS HAY QUE REBOBINAR
ALTERNADOR IMANES PERMANENTES	<600 W	150 - 600	12 V	MANTENIMIENTO NULO. SIN ESCOBILLAS MUY LENTO.	SIN REGULACION AUTOCONSTRUCCION TECNOLOGICA
MOTOR TRIFASICO CONVERTIDO EN ALTERNADOR ASINCRONO	<50.000	600 - 1500	12.5 V 220 V 380 V	MANTENIMIENTO NULO. SIN ESCOBILLAS. AUTOEXCITADO. BARATO	SIN REGULACION
ALTERNADOR SINCRONO COMERCIAL	<50.000	700 - 1500	12.5 V 220 V 380 V	ADMITE REGULACION. LENTO. PUEDE SER DE SEGUNDA MANO	CAROS. CON ESCOBILLAS

TABLA 23

Las dinamos producen corriente continua, es decir, corriente que circula siempre en el mismo sentido. Esta corriente se puede utilizar directamente o acumular en baterías, pero no se puede transformar, salvo por medios electrónicos más o menos complicados.

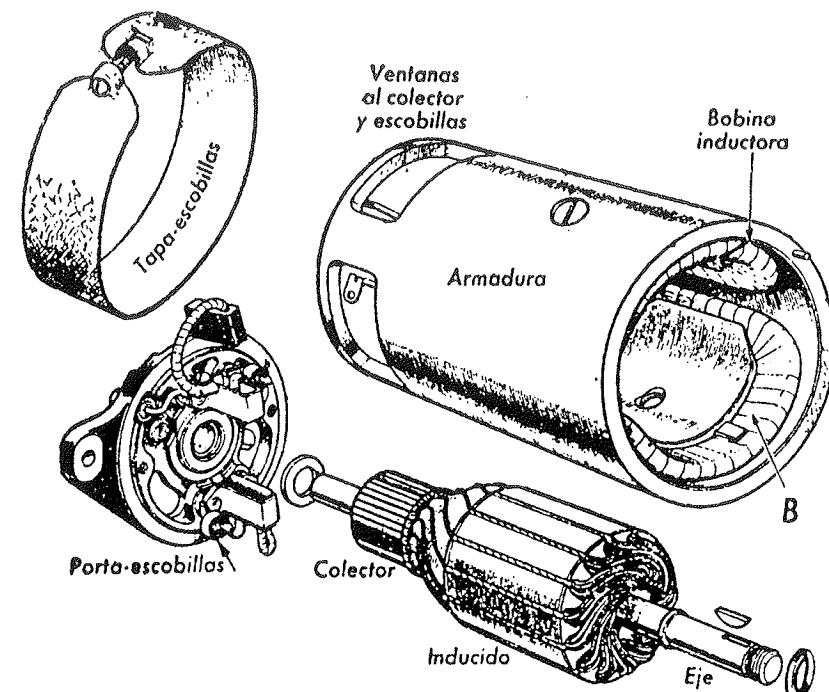
Los alternadores, producen corriente alterna, es decir, corriente que circula alternativamente en uno y otro sentido. Esta corriente, se puede utilizar directamente y se puede transformar, pero no se puede acumular en baterías. Para convertir la corriente alterna en continua, se utilizan diodos.

Dinamos

Una dinamo es un generador eléctrico de corriente continua, que transforma la energía mecánica que recibe por el eje en energía eléctrica que suministra por los bornes.

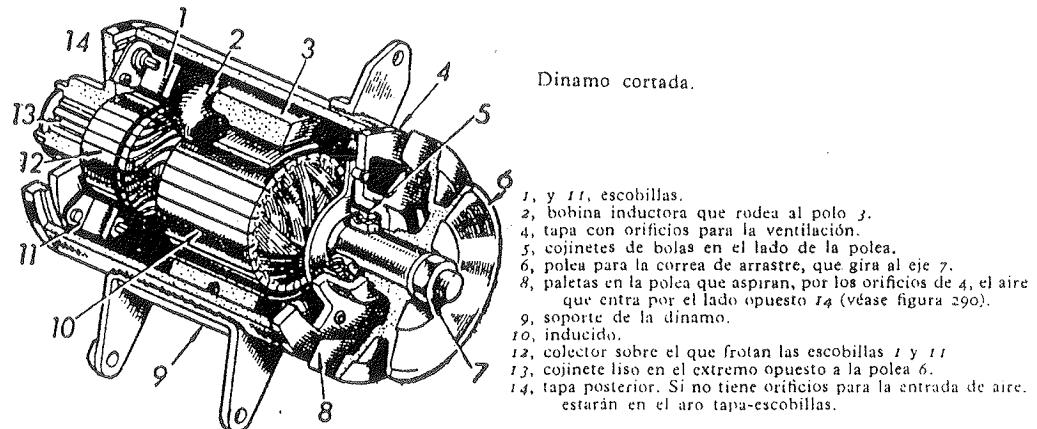
Una dinamo está formada por dos partes fundamentales: la que gira llamada rotor, formada por el inducido y el colector, y la que no gira, llamada estátor, que lleva las bobinas inductoras, escobillas, etc.

En la dinamo, se produce corriente eléctrica en el inducido, por giro del mismo dentro del campo magnético creado por las bobinas inductoras del estator. Esta corriente sale del inducido mediante unas escobillas que frotan sobre el colector. El colector está formado por piezas de cobre aisladas eléctricamente entre sí, llamadas delgas. Las delgas, van unidas a las bobinas del inducido.



Dinamo despiezada.

Las dinamos tienen dos circuitos eléctricos: el del inducido, y el de las bobinas inductoras. Sin embargo, tienen sólo tres bornes: positivo (+), negativo o masa (-), y excitación (Exc). Esto se debe a que la escobilla negativa, va unida al terminal negativo de las bobinas inductoras.



Cuando funciona una dinamo, se produce corriente en el inducido y sale de éste por las escobillas. Una parte de esta corriente, se hace pasar por las bobinas inductoras, para mantener el campo magnético creado por las mismas. Las bobinas inductoras son electroimanes: cuanto más intensa es la corriente que circula por ellas, más intenso es el campo magnético creado. Si la dinamo está parada, también queda algo de magnetismo; gracias a él, cuando comienza a girar la dinamo, se produce una pequeña corriente que se hace pasar por las bobinas inductoras, con lo que aumenta el voltaje. Este proceso se llama autoexcitación. A medida que la dinamo gira más veloz, da lugar a mayor intensidad de carga. Para controlar la carga de la dinamo se emplean reguladores (ver "reguladores").

Se pueden conseguir muy buenas dinamos de reciclaje. Es difícil dar normas fijas para elegir una buena dinamo a ojo. Hemos de procurar que sean lentas, es decir, que produzcan corriente a baja velocidad, y para esto, sirve como referencia el diámetro de la dinamo y el de la polea que lleva acoplada. Cuanto mayor diámetro de dinamo y de polea, más lenta es, y cuanto más largo el "cilindro", más potente. "Ande o no ande, dinamo grande" (del refranero del autoconstructor). Una dinamo "lenta", comienza a generar hacia las 500 rpm, aunque hay dinamos de gran diámetro más lentas.

Como recomendación, diremos que las dinamos de camión, tractor, maquinaria de obras públicas, y marineras, son más lentas y robustas que las de coches. Por las mismas razones, son preferibles las dinamos BOSCH, AUTOBAT... a las FEMSA. Las únicas dinamos FEMSA utilizables, por el margen de revoluciones en el que generan, son las siguientes:

Dinamos FEMSA de 12 V, con inicio de carga a 1.120 rpm y producción máxima de 11A a 1.700 rpm:

DNL 12E - 14	DNL 12E - 20	DNL 12E - 23	DNL 12E - 38
DNL 12E - 39	DNL 12E - 51	DNL 12E - 54	DNL 12E - 78
DNL 12E - 79	DNL 12E - 82	DNL 12EM - 85	DNO 12E - 6
DNO 12E - 10	DNO 12E - 15		DN 132-4

Dinamos FEMSA de 12 V, con inicio de carga a 1.300 rpm y producción máxima de 23A a 2.200 rpm:

DN 302 - 5 DN 302 - 7

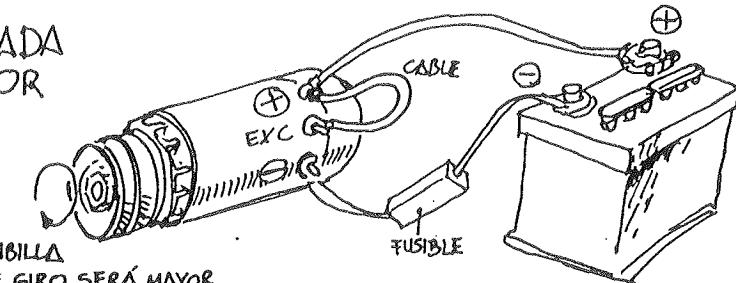
Una vez conseguida la dinamo, será necesaria una buena limpieza y revisión (asegurar conexiones, aislamientos, reponer escobillas...). Ahora la dinamo está lista para comprobarla como motor, para ver qué tal funciona, y después como generador, en un banco de pruebas de un taller eléctrico. Hazte una tabla con las rpm y amperios que produce. Es valioso para conocer el tamaño de la hélice y diseñar tu aerogenerador (ver "banco de pruebas casero" y "cálculo de la multiplicación").

COMPROBACION DE FUNCIONAMIENTO

Primero, comprobaremos que la dinamo se comporta normalmente como motor. Para ello, unimos los bornes positivo (+) y excitación (Exc) con un cable, y alimentamos la dinamo con una batería de 12 V de forma que el borne (+) de la batería va unido con (+) de dinamo y (-) de batería, con negativo de dinamo (masa). Intercalamos un fusible en el circuito. Si todo está bien, la dinamo girará como motor. En caso de que no gire, o salte el fusible, hay avería. Soltar la dinamo, revisarla, montarla, y repetir la prueba.

DINAMO USADA COMO MOTOR

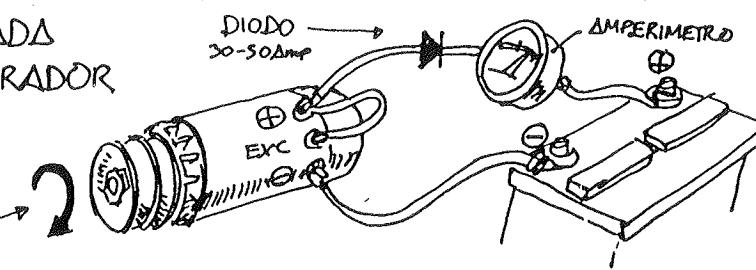
SI EN VES DE UN CABLE ENTRE + Y EXC COLOCAMOS UNA BOMBILLA LA VELOCIDAD DE GIRO SERÁ MAYOR, CUANTO MENOS POTENCIA TENGA LA BOMBILLA, MAS RAPIDA GIRA.



Después comprobamos que la dinamo se comporta normalmente como generador. Para ello, mantenemos unidos los bornes (+) y (Exc) de la dinamo, y la probamos en un banco de pruebas, intercalando un diodo y un ampermímetro, y anotamos las rpm y amperios. La dinamo genera en el mismo sentido de giro que cuando actúa como motor, y comienza a generar aproximadamente, a 1,7 veces de las revoluciones a las que gira como motor.

DINAMO USADA COMO GENERADOR

MOVEMOS LA DINAMO A LAS REVOLUCIONES NECESARIAS



Nota: existen dinamos con excitación por negativo. En estas, hay que hacer las pruebas uniendo el borne Exc al negativo (-).

USO DE DINAMOS DE 24V PARA GENERAR A 12V

Cuando se desea utilizar una dinamo de 24 V para generar a 12 V, se debe utilizar directamente como tal. Las dinamos de 24 V de camión, son de las mejores, y cargan indistintamente a 12 V o 24 V según las baterías que les acoplemos. Normalmente, las dinamos de camión comienzan a cargar sobre 12 V a 800 rpm y sobre 24 V a 1100 rpm.

INVERSION DEL SENTIDO DE GIRO

Para conseguir la inversión del sentido de giro en dinamos, basta con intercambiar entre sí los cables de las bobinas inductoras.

OTRAS CONSIDERACIONES

A pesar de que las dinamos tienen mala prensa por el desgaste de escobillas, lo cierto es que el desgaste de escobillas observado en molinos autoconstruidos es de uno o dos milímetros anuales, lo cual es bien poco. En los molinos, las dinamos trabajan al mínimo de revoluciones para generar (700 a 2.000 rpm) y nunca alcanzan las altas velocidades que llevan en un motor (hasta 6.000 rpm).

Si el desgaste de escobillas es anormalmente grande, puede deberse a excesiva holgura de las escobillas en los portaescobillas, en cuyo caso, basta con utilizar unas escobillas adecuadas, o bien puede deberse a irregularidades del cilindro de delgas. Desmontar la dinamo y pasar una lija muy fina por las delgas, hasta dejarlas bien pulidas. No debe hacerse este trabajo torneando el colector de no ser absolutamente necesario. Después deben limpiarse las ranuras entre delgas con cuidado de no salirse y rayarlas.

Por lo demás, no aconsejamos que se haga ningún otro tipo de modificaciones en dinamos. Las dinamos pueden generar más amperios de los nominales. Una buena dinamo de 11 A, puede generar normalmente 20 A. Las dinamos, dan su carga nominal antes del doble de revoluciones de inicio de carga, cosa que no sucede en los alternadores de coche. Las dinamos admiten regulación del régimen de revoluciones, y regulación electrónica del voltaje.

Alternadores

Un alternador, es un generador eléctrico de corriente alterna que transforma la energía mecánica que recibe por el eje, en energía eléctrica que suministra por los bornes.

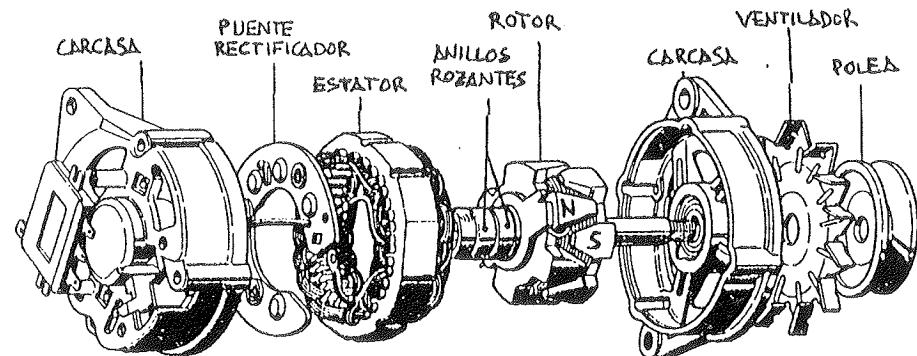
En este tipo de generadores, el inducido es el estator y el inductor, el rotor, a la inversa de las dinamos.

El campo magnético creado por el rotor, puede originarse de dos formas: mediante la corriente eléctrica, a través de bobinas, o mediante imanes permanentes. Los alternadores del primer tipo son los de vehículos, los alternadores convencionales con dinamo excitadora y los motores trifásicos utilizados como alternadores por acoplamiento de condensadores.

Son alternadores de imanes permanentes las "dinamos" de bicicleta, los magnetos de moto, y los alternadores de imanes autoconstruidos y comerciales. Por ello describiremos cada tipo de alternador por separado.

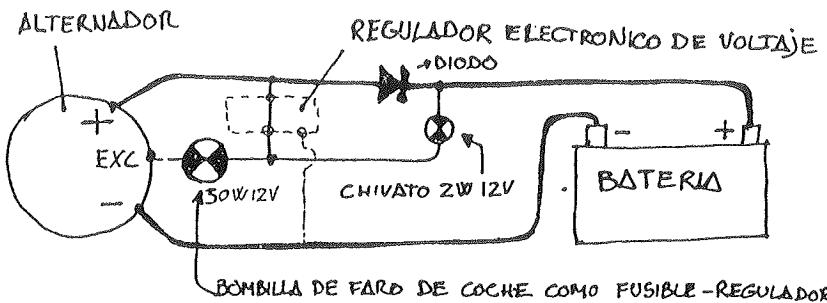
ALTERNADORES DE VEHICULOS

Están construidos para dar ciertas prestaciones en los vehículos, pero su uso en aerogeneradores, plantea importantes problemas. El rotor de estos alternadores no tiene apenas magnetismo remanente, por lo que estos alternadores NO se autoexcitan.



Hay varias formas de solucionar este inconveniente:

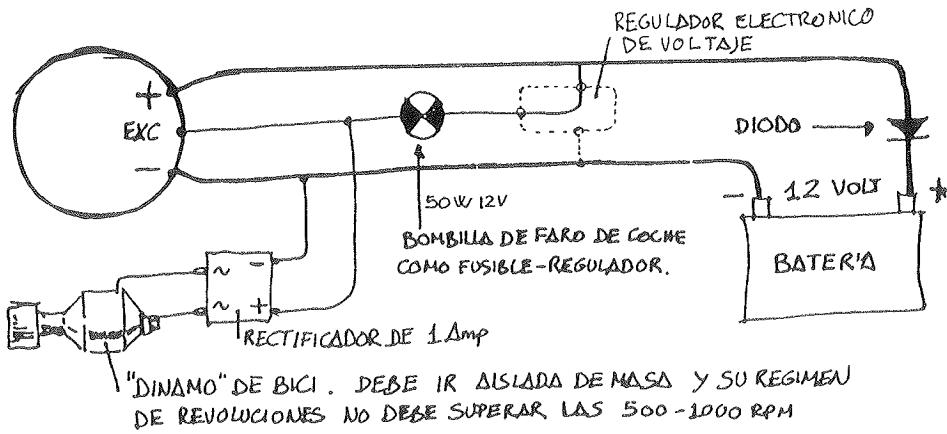
Una solución es instalar una lámpara de 12 V 2W (chivato de carga de los coches), y hacer pasar siempre una débil corriente por el rotor, para crear un cierto campo magnético. Así el alternador genera como en un automóvil, pero la lámpara consumirá 1-1,5 kilovatios hora mensualmente.



Otra solución consiste en acoplar una "dinamo" de bici. Cuando el aerogenerador comienza a girar, la "dinamo" produce corriente alterna que se rectifica mediante un puente de diodos de un amperio, para alimentar así la bobina inductora del alternador. El cable que sale del + del puente rectificador, se une al de excitación del alternador, y el negativo del puente, a masa. A este sistema se puede acoplar el "regulador del régimen de revoluciones" y el "regulador electrónico". La "dinamo" debe ir aislada de masa, ya que es un generador independiente.

Una tercera solución consiste en acoplar un interruptor centrífugo sobre el eje del alternador. El interruptor centrífugo se calibra de forma que conecta la excitación del alternador cuando éste gira ya a velocidad suficiente para cargar.

Hay más formas de remediar el problema de la no autoexcitación pero no las incluimos por considerarlas parches de mal apañeo.



Aunque los alternadores de los vehículos generan corriente con el motor en ralentí (y las dinamos no), esto se debe a que llevan un poleín pequeño, y así se multiplican las revoluciones del motor. Un alternador de coche, suele comenzar a generar hacia las 1.000 - 1.300 rpm (NUNCA MENOS). Hay alternadores de autobuses que comienzan a cargar a 700 rpm (FEMSA ALA 70 - 1), pero son muy difíciles de encontrar.

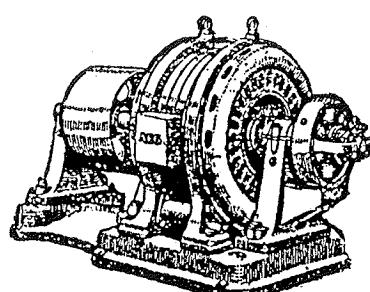
Aunque la tendencia actual es colocar alternadores en los vehículos, sin embargo, hemos visto que la construcción del conjunto escobillas-portaescobillas, suele ser mediocre (holguras, presión excesiva...) y en muchos casos, se erosionan los anillos rozantes hasta quedar el alternador inutilizable, cosa que no sucede en las dinamos.

Por los problemas antes aludidos, no recomendamos la utilización de alternadores de coche en aerogeneradores. De todos modos, si llegas a utilizar alguno, procura que sea trifásico (6 diodos) y no monofásico (2 diodos) ya que éstos son aún peores.

Además, a un alternador de vehículo, no se le puede sacar nunca la potencia nominal en un molino, ya que para ello se requieren más de 10.000 rpm, y no se alcanza esta velocidad. Por lo tanto, la potencia real disponible de estos alternadores, suele ser la mitad de la nominal.

ALTERNADORES SÍNCRONOS

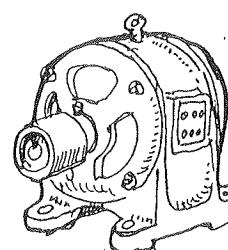
Estas máquinas se utilizan para producción de corriente alterna en 125 V, 220 V o más, y su potencia, es de 2 Kw en adelante. Se utilizaron sobre todo en las centrales hidráulicas a pequeña escala.



Con un pequeño salto, abastecían de energía eléctrica a varias poblaciones. Es una buena labor recuperar estas máquinas para volverlas a utilizar hoy. Son generadores lentos, de servicio pesado, muy sólidos, y requieren poco mantenimiento. El eje lleva acoplada una dinamo cuya corriente se utiliza para activar la bobina inductora del alternador.

ALTERNADOR ASÍNCRONO

Los motores trifásicos de inducción, de rotor de jaula de ardilla, se pueden utilizar como generadores, por acoplamiento de un grupo trifásico de condensadores. Este hecho es poco conocido aunque hay varios grupos que están trabajando con estos generadores. Los fabricantes de turbinas hidráulicas, también emplean estos generadores.



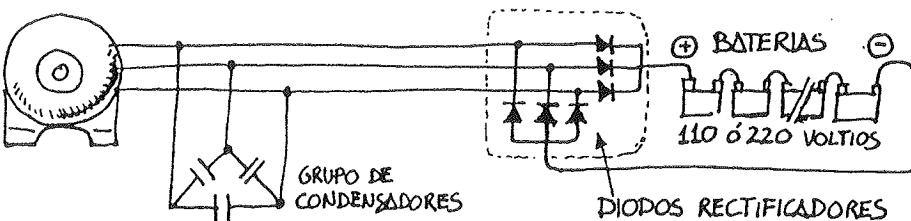
UN MOTOR TRIFÁSICO PUEDE CONVERTIRSE EN ALTERNADOR ASÍNCRONO ACOPLANDOLE CONDENSADORES APOLARES



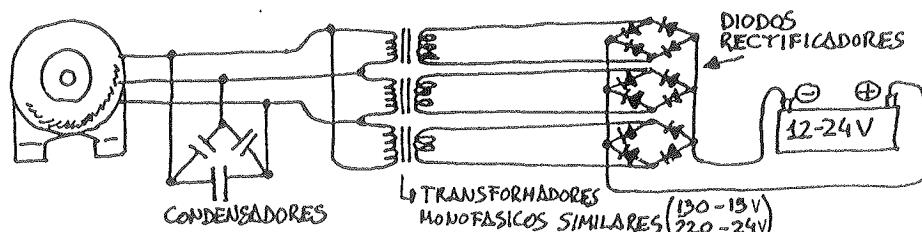
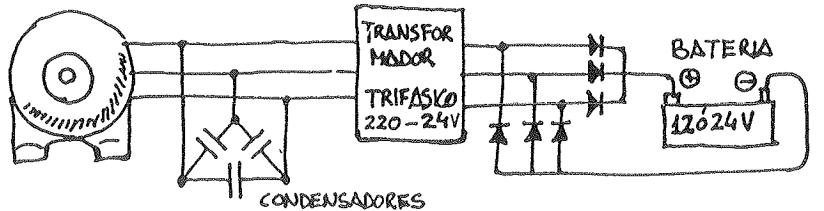
Las principales ventajas de este generador son su robustez y ausencia de escobillas, por lo tanto, están prácticamente exentos de averías. La simplicidad de funcionamiento y su bajo coste, lo hacen ideal en instalaciones de cierta potencia, para cargar baterías a 110 ó 220 V.

El motor trifásico se comporta como generador gracias al grupo trifásico de condensadores acoplado a él. De esta forma, al girar el motor, el pequeño magnetismo remanente, con ayuda de los condensadores, da lugar al proceso de autoexcitación, parecido a como sucede en las dinamos.

Para cargar baterías, se rectifica la corriente alterna mediante un puente de 6 diodos (Los diodos de alternador de coche no suelen servir por aguantar poca tensión opuesta, y se funden).

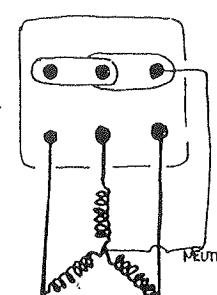
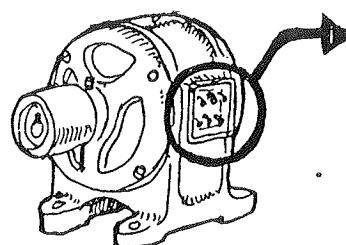


Este sistema no sirve para cargar en directo a 12 ó 24 V (se necesitan condensadores desproporcionados y baja mucho el rendimiento del generador por pérdidas internas). Sin embargo, se puede acoplar un transformador trifásico, y acoplar a la salida del mismo el puente rectificador; si no se dispone de transformador trifásico se pueden utilizar tres transformadores monofásicos y rectificar la corriente de cada uno independientemente:

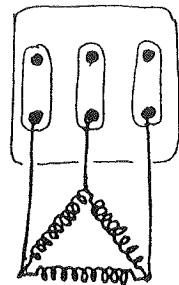


Se suelen utilizar condensadores de unos 15 microfaradios y 220 V por kilovatio de potencia del motor. Son condensadores apolares; los electrolíticos no sirven (explotarían). A mayor capacidad de los condensadores, el generador funciona a menos revoluciones. Cuantos más polos tiene el motor, menos condensadores necesita para generar a las mismas revoluciones. Para cada motor con un grupo de condensadores, el motor genera el mismo voltaje a menos revoluciones con sus devanados en estrella. En cada caso concreto, hay que hacer algunas pruebas de funcionamiento al principio, según la potencia y tipo de motor que hayamos localizado, rpm de que disponemos, etc.

TIPOS DE CONEXIÓN



EN ESTRELLA



EN TRIANGULO

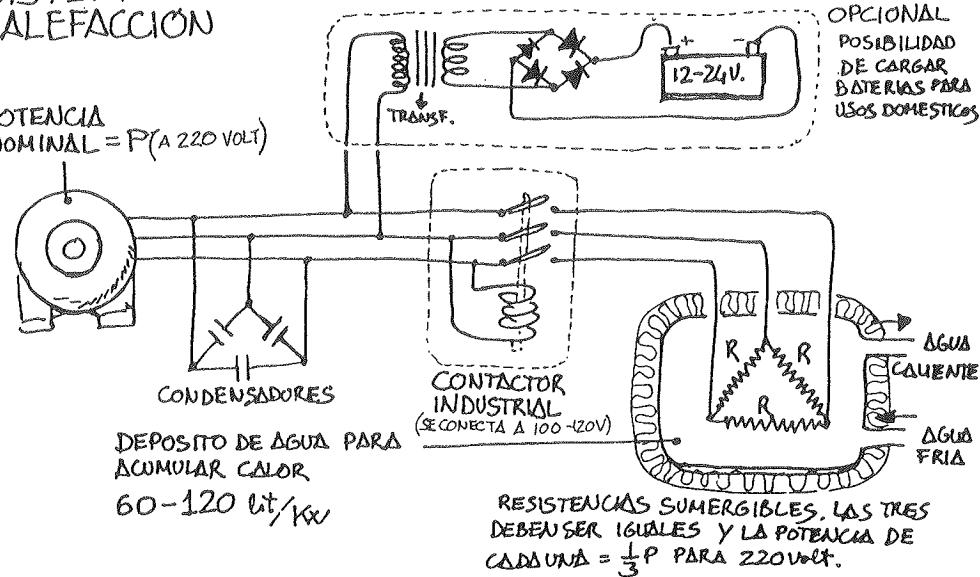
En cuanto a la potencia eléctrica del generador, se puede sacar $\frac{3}{4}$ del nominal de la potencia como motor. No es conveniente pasar de aquí, ya que se puede estropear el devanado por calentamiento.

La regulación de carga de baterías, se hace por medio de resistencias que tiran la energía sobrante, controladas por triacs.

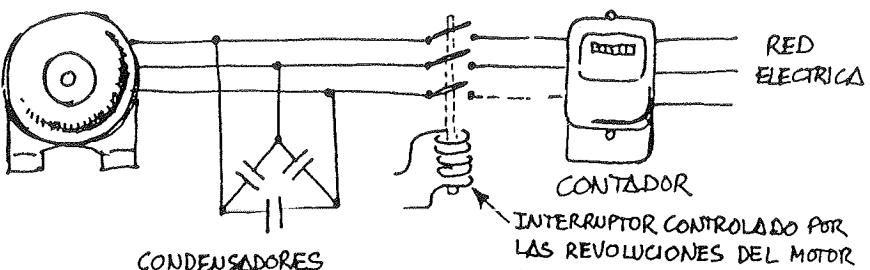
Hay otras dos formas de funcionamiento de este generador: Una de ellas, consiste en utilizar directamente la energía obtenida, para calefacción. Entonces hay que intercalar un interruptor automático de voltaje entre el generador y la carga, de forma que se conecte cuando se alcance un cierto voltaje, y se desconecte cuando baje el voltaje. Esto es necesario en este caso, debido a que el generador (motor y condensadores), necesita arrancar en vacío, hasta alcanzar su funcionamiento normal, sólo entonces se puede conectar la carga de resistencias para calefacción, mediante un contactor trifásico industrial.

SISTEMA PARA CALEFACCION

$$\text{POTENCIA NOMINAL} = P(A \text{ 220 VOLT})$$



La otra forma de funcionamiento es en directo con la red trifásica convencional. No hay ningún problema de acoplamiento, incluso este generador mejora el coseno Φ de la red. Debe acoplarse un dispositivo que desconecte el generador cuando baje de revoluciones, para que no consuma corriente actuando como motor, y hay que hacer el acuerdo de compra-venta de energía con la compañía (ver BOE del 27-1-81 y 10-5-82 sobre "autogeneradores").



ALTERNADOR LENTO

Si tienes maña para bobinar, o ganas de aprender a hacerlo, puedes convertir un motor trifásico de rotor bobinado, en un alternador autoexcitado lento. El trabajo consiste en cambiar el bobinado del rotor, sin modificar el bobinado del estator. El nuevo bobinado del rotor, debe formar tantos polos como los que tiene el motor (2 polos en motores de 3.000 rpm, 4 polos en los de 1.500 rpm, 6 polos en los de 1.000 rpm...).

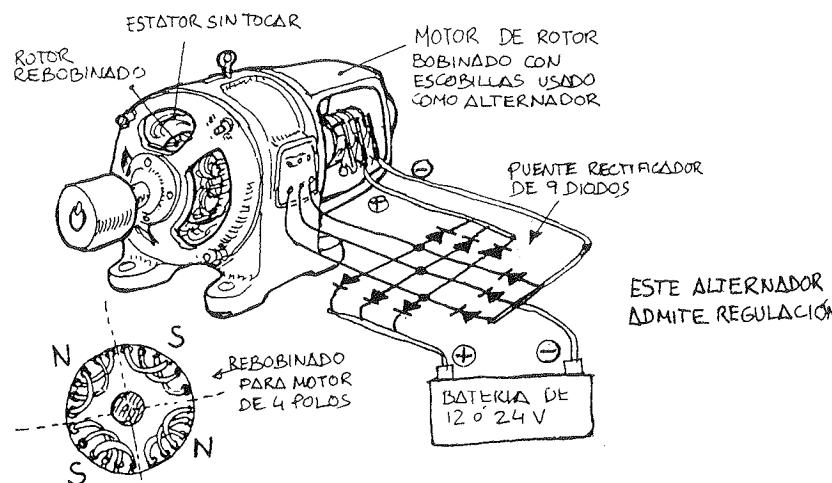
El bobinado se construye de forma que vaya todo en serie, y el consumo de excitación sea pequeño (1 A para generadores a 12 V, 0,5 A para generadores a 24 V). Los dos hilos del bobinado, se unen a dos anillos rozantes.

Así se logra un alternador autoexcitado lento, con inicio de carga hacia las 200 rpm, y de una potencia interesante: 100 a 600 w según la potencia del motor. Para cargar a 12 V en un margen de 200 a 500 rpm, se saca aproximadamente la décima parte de la potencia nominal del motor. La corriente alterna obtenida, se rectifica mediante un puente de diodos. Vienen muy bien las placas rectificadoras de 9 diodos de alternadores de vehículos.

Con este robusto generador, se puede construir el aerogenerador a eje directo, pequeño sueño dorado de muchos autoconstructores.

A título orientativo, indicamos los datos para un caso práctico concreto:

- Motor trifásico de rotor bobinado de 1,5 Kw, 1.500 rpm (4 polos).
- Número de ranuras del rotor: 24.
- Longitud de cada espira: 30 cm.
- Cabida de sección útil por ranura: 15mm²
- Intensidad de excitación: 1 A (12 ohmios).
- Bobinado simple (una bobina por ranura). Hay 12 bobinas iguales, cada bobina tiene 1 ohmio (van todas en serie).
- Cada bobina tiene 54 espiras de hilo de cobre esmaltado de 0,6 mm Ø.



ALTERNADORES DE IMANES PERMANENTES

Tal como su nombre indica, son alternadores en cuyo rotor se han colocado imanes permanentes, por lo tanto, son generadores sin escobillas ni bobinas inductoras, y por ello, prácticamente exentos de averías.

Aunque no se puede regular el campo magnético creado por los imanes, estos generadores tienen por construcción una intensidad límite de la que no pueden pasar, salvo que se les acoplen condensadores.

“DINAMOS” DE BICICLETA

Aunque se conocen con este nombre, son alternadores de imanes permanentes. Como generadores, no tienen mucho interés por su poca potencia (menos de 5 w), sin embargo, pueden ser útiles en algunos casos, tal como hemos descrito para la excitación de los alternadores de coches. También sirven como generadores para consumos muy reducidos (ver minigenerador y microturbina Pelton).

MAGNETOS DE MOTO

Los magnetos o platos magnéticos de moto, son alternadores de imanes permanentes. Generalmente, la corriente alterna producida, se rectifica mediante un puente de diodos para cargar baterías a 12 V. Son generadores de potencia inferior a 50 w. Normalmente, dan 20-30 w.

Lo mejor es utilizar los magnetos con sus bobinas en sus alojamientos originales. Los magnetos van siempre montados sobre el eje del motor tanto en ciclomotores como en motos con cajas de cambios (OSSA, GIMSON, VESPA...).

Para nuestros usos, quitaremos el motor (camisa, culata, cilindro y biela). La biela no se desmonta. Es mucho más fácil partirla a golpes, y el pedazo que queda agarrado a la excéntrica, se immobiliza con un punto de soldadura.

Después de estas operaciones, el eje del magneto, puede quedar excéntrico. En tal caso, se debe equilibrar. Para ello, se quitan las bobinas y el piñón en el caso de las motos. Así el eje gira libre, y podemos equilibrarlo fácilmente mediante un trozo de plomo sujetado con un tornillo al plato magnético, en el lugar conveniente.

Si dispones de muchos medios técnicos y eres muy aficionado a la mecánica, puedes prepararle al magneto un eje nuevo, sin excéntricidad. Hay que soltar y montar la caja con extremo cuidado.

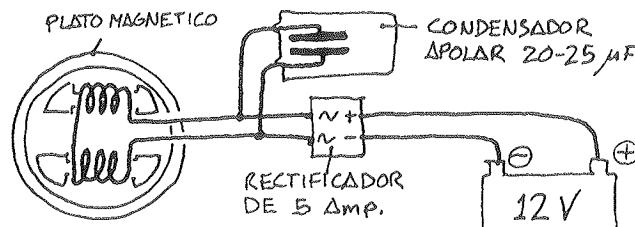
En principio, hay que intentar utilizar las bobinas originales del magneto. A veces una de las bobinas es de hilo grueso y la otra de hilo fino. Sólo debe rebobinarse ésta última en caso de que esté hecha con hilo de menos de 0,6 mm Ø. En tal caso, se rebobina con hilo esmaltado de 0,8 mm Ø, procurando que queden las espiras bien juntas y la bobina llena, pero sin exceso, ya que luego rozaría con el plato magnético.

A veces, hay bobinas complicadas, con más de dos cables. Debe intentarse sacar el mayor voltaje posible, haciendo pruebas. Si los resultados no son satisfactorios, hay que rebobinarla como en el caso anterior.

Normalmente, las dos bobinas se unen en serie y en fase, es decir, de forma que se sumen los voltios producidos por una y otra bobina. Por lo general, uno de los extremos de cada bobina, va soldado a masa. Hay que desoldar uno de estos extremos y unirlo con el hilo que sale de la otra bobina. Se saca corriente entre masa y el hilo libre de la primera bobina.

Se puede aumentar en un 20% la intensidad producida por el magneto acoplando un condensador apolar de 25 microfaradios en paralelo con la salida de las bobinas.

MAGNETO DE MOTO BOBINAS EN SERIE Y EN FASE



ALTERNADOR DE IMANES PERMANENTES AUTOCONSTRUIDO

Para disponer de alternadores de imanes permanentes de más potencia, podemos hacerlos o comprarlos. Se trata de generadores con todas las ventajas de los generadores sin escobillas y con una potencia de algunos cientos de vatios. Adicionalmente, son generadores lentos (comienzan a cargar a 12 V hacia las 200 rpm); la contrapartida a tantas ventajas, son las dificultades que podemos encontrar para su construcción.

Si conocemos a algún amigo que trabaje en un taller mecánico, nos podemos construir un alternador de imanes permanentes de cierta potencia a partir de un motor trifásico de inducción antiguo. Es preferible que el motor sea antiguo porque el motor y el eje es de más diámetro, y la construcción eléctrica y mecánica más simple y robusta. Estos motores se pueden conseguir en las chatarrerías a bajo precio, y es preferible conseguir uno que funcione, porque así no hace falta tocar el bobinado ya que vale el que tiene.

El trabajo en cuestión consiste en conseguir el motor, comprobar que funciona bien, soltarlo, limpiarlo, y llevar el rotor a la fresadora. Hay que posicionar bien la pieza entre el aparato divisor y el punto para que el trabajo quede impecable. Ahora hay que rebajar el rotor para convertir el cilindro en un prisma recto de un número par de caras. Sobre estas caras, se asientan los imanes permanentes, pegados con araldit o similar, o atornillados. El rotor con los imanes, se lleva a la rectificadora y se deja a la cota precisa para que el diámetro del rotor sea el mismo que tenía originalmente.

Para saber dónde y cómo debemos poner los imanes, debemos tener en cuenta lo siguiente: si el motor funcionaba, debemos aprovechar el mismo bobinado. Sólo hay que tener en cuenta que se debe mantener su número de polos. Para saber el número de polos, basta ver las revoluciones del motor en la chapa de características (y no estará de más medirlas con un tacómetro por si acaso el motor estaba rebobinado de otra forma). La relación entre el número de polos y rpm es: n° polos x rpm = 6.000. Así un motor de 1.500 rpm tiene 4 polos, uno de 1.000 rpm tiene 6, etc.

El número de caras que hay que hacerle al rotor en la fresadora, será múltiplo del número de polos del motor y viene condicionado por las dimensiones del rotor y de los imanes.

Finalmente, se sujetan los imanes al rotor de modo que formen el mismo número de polos que tenía el motor.

Básicamente, hay dos tipos de imanes: cerámicos y de aleaciones (aluminio, níquel, cobalto...).

Los imanes cerámicos son económicos y difíciles de desmantar, pero la intensidad de campo magnético no es muy elevada.

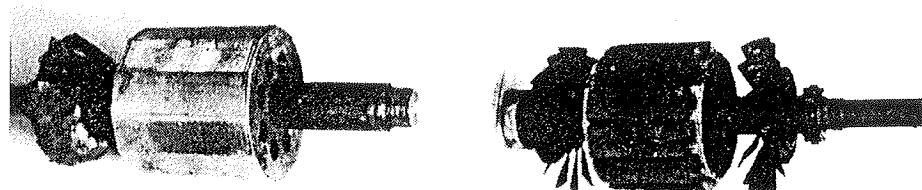
Los imanes de magneto de moto no sirven para esto, por la forma en que tienen dispuestos los polos.

Como referencia, damos los resultados prácticos de convertir un motor trifásico en alternador de imanes permanentes.

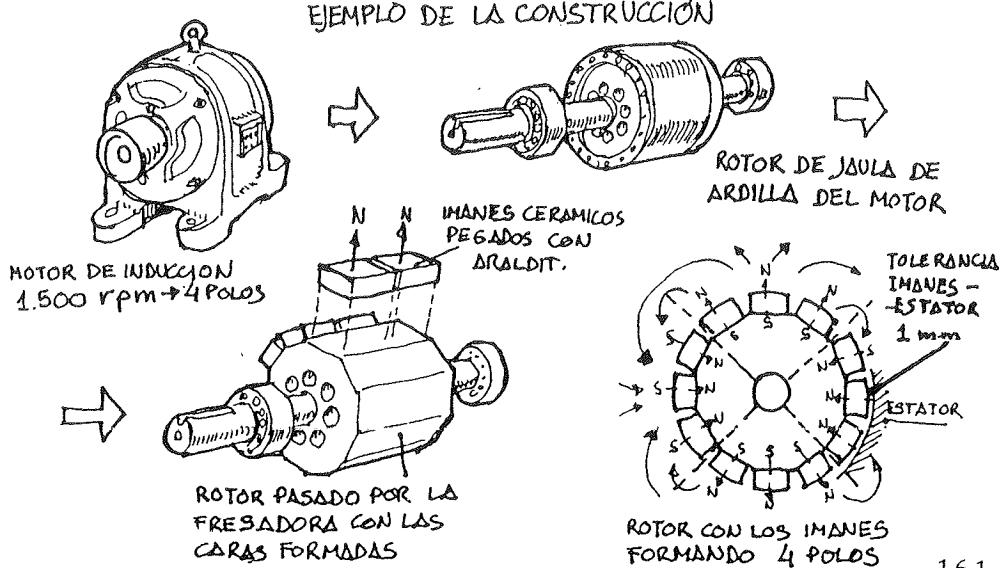
Datos del motor: Siemens, 1.430 rpm (1.500), 1,7 Kw, 125 V (11,4 A), 220 V (6,5 A).

El rotor se rebajó para formar un prisma recto de 12 caras; en cada cara se pegaron con araldit dos imanes cerámicos Hamsa de ferritar II de 40 x 25 x 10 mm. Los 24 imanes forman cuatro polos. El generador se utiliza con sus devanados en estrella, y se rectifica la corriente trifásica mediante un puente de seis diodos.

El resultado del conjunto, para cargar baterías a 12 V es: inicio de carga a 170 rpm, 2 A a 220 rpm, 5 A a 360 rpm, 10 A a 660 rpm.

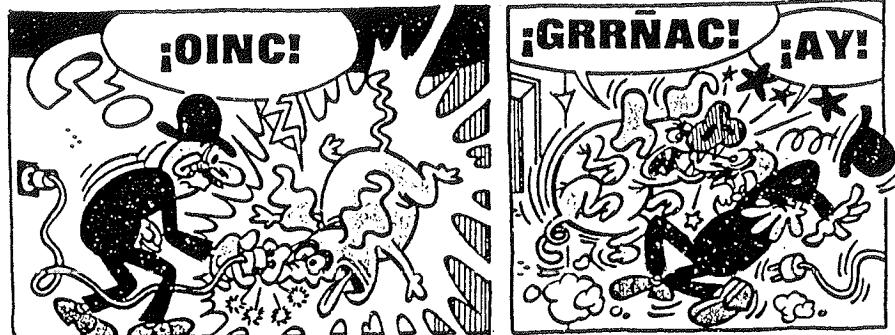
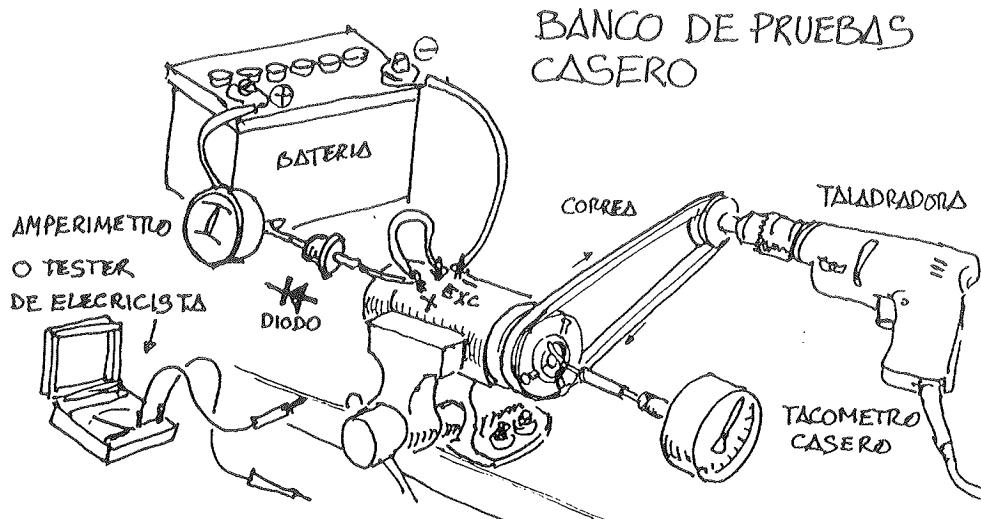


EJEMPLO DE LA CONSTRUCCIÓN



Banco de pruebas casero

Si en el taller eléctrico que tienen banco de pruebas te ponen muy mala cara o no quieras ir a dar la paliza, puedes hacer las pruebas en casa. Movemos el generador con un taladro eléctrico a través de una correa. Medimos la intensidad con un amperímetro (sirve el que vayamos a utilizar en el cuadro de control), y el voltaje con un tester. Es conveniente que el taladro tenga varias marchas o alimentarlo a diferentes voltajes, para medir en un buen intervalo de rpm. Las rpm se pueden medir con un tacómetro casero construido con un velocímetro de coche. La calibración es sencilla: donde pone 60 Km/h, poner 1.000 rpm 120 Km/h, 2.000 rpm, etc. El tacómetro se acopla al generador de la forma que mejor se pueda. Es conveniente hacer estas pruebas entre dos personas.

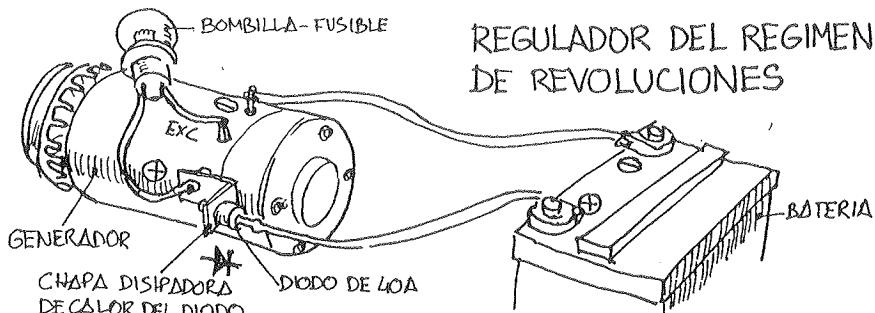


REGULADORES

REGULADOR DEL REGIMEN DE REVOLUCIONES

Este regulador es el sistema más sencillo que se puede acoplar a una dinamo o alternador de un aerogenerador. Hay bastantes aero-generadores que llevan funcionando años con este regulador, sin problemas.

El regulador tiene sólo dos componentes: un diodo y una bombilla.



El diodo se coloca generalmente en la salida del borne (+) del generador con una chapa de disipación de calor; permite que pase la corriente producida por el generador hacia las baterías, pero no al revés.

Diodo: Debe poder soportar mucha intensidad (unos 40 amperios). Se pueden utilizar diodos de placas de alternadores de vehículos. En los talleres se cambian estas placas en cuanto falla un solo diodo. Para comprobar si los diodos están buenos o no, se utiliza un tester en la escala "ohmios". Un diodo está bueno cuando deja pasar la corriente en un sentido, pero no en el otro.

Bombilla: Permite regular el régimen de revoluciones a las que carga el generador y además, protege las bobinas inductoras del mismo, ya que también actúa como fusible. La bombilla se conecta entre el borne positivo (+) y excitación (Exc) del generador en la mayoría de generadores. En generadores con excitación por negativo, se coloca entre el borne negativo (-) y el de excitación (Exc).

Hay bombillas de diferentes potencias, tanto en 12 V como en 24 V. Cada bombilla, tiene una resistencia eléctrica distinta (cuanto más potente, menos resistencia).

Puesto que colocamos la bombilla intercalada en el circuito de excitación, en serie con las bobinas inductoras, podemos reducir la intensidad de excitación a voluntad, según la bombilla que pongamos.

Conforme reducimos la intensidad de excitación, aumentan las rpm a las que carga el generador. Muchas veces, un generador, comienza a cargar "demasiado pronto", y si lleva una hélice aerodinámica, ésta no coge velocidad y no entra en régimen aerodinámico. La bombilla es la solución.

Además, la bombilla, tiene por misión mantener prácticamente constante la I_{ex} aunque aumente el voltaje entre los bornes (+) y (-) del generador, ya que su resistencia eléctrica, aumenta con la temperatura. La resistencia eléctrica de una bombilla encendida, es unas siete veces mayor que cuando está apagada. Este efecto, ayuda a moderar la intensidad máxima producida por el generador y lo protege en cierta medida.

De todos modos, este regulador no limita la intensidad máxima que debe dar el generador, por lo cual, la velocidad máxima de rotación, debe estar regulada mediante alguno de los sistemas vistos en "Sistemas de regulación".

La siguiente tabla, te puede orientar para elegir la bombilla a colocar según la intensidad de excitación del generador:

I_{ex}	bombilla
hasta 1 A	12 V 20 w
1,5 A	24 V 50 w
2 A	12 V 50 w

Con este regulador, el aerogenerador carga mientras hay viento, por ello debes controlar la carga de las baterías y desorientar el aparato cuando están completamente cargadas. Se puede controlar el estado de la carga de las baterías con el densímetro (v. "baterías") y a través de los diodos luminiscentes del cuadro de control. Aunque esto sea un pequeño inconveniente, tienes la ventaja de que no importa demasiado que haya ciertas pérdidas de tensión en los cables que van del aerogenerador a las baterías, tal como ocurre cuando los cables son largos. En estas instalaciones, los reguladores comerciales no sirven.

REGULADOR ELECTRÓNICO DE VOLTAJE

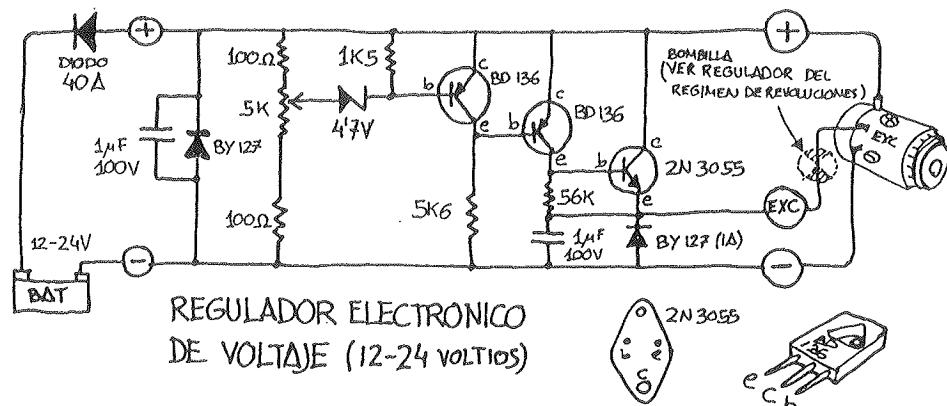
Un regulador, permite que pase la corriente del generador a las baterías, pero no a la inversa, ya que se descargarían. Además, el regulador permite que el generador cargue cuando lo necesitan las baterías, y no carga cuando las baterías ya están cargadas, aunque gire el generador; así se impide que se sobrecarguen, ya que una sobrecarga, es perjudicial (ver "baterías"). El regulador limita la intensidad máxima producida por el generador para que no se estropee el inducido por sobre calentamiento.

El regulador se coloca entre el generador y las baterías. Conviene colocar el regulador en el propio aerogenerador, porque así sólo hay que bajar dos cables: el positivo y negativo a las baterías, pasando por el cuadro de control. Si el regulador estuviera abajo, tendríamos que bajar tres cables del aerogenerador. Este sistema sería más complicado y con más probabilidades de fallos de contacto.

Hay dos tipos de reguladores: mecánicos y electrónicos. Los reguladores mecánicos (de bobinas) no deben usarse en aerogeneradores, ya que presentan muchos inconvenientes: sólo se pueden ajustar en un pequeño margen, y éste cambia con el tiempo, se estropean pronto, ya que se deterioran los contactos, consumen mucha energía de la que produce el generador, producen interferencias en la radio, etc.

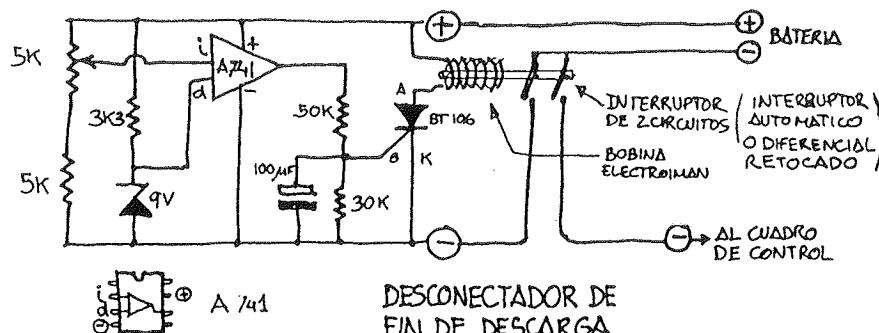
En cuanto a los reguladores electrónicos, pueden ser comerciales o autoconstruidos. Los reguladores electrónicos comerciales van aceptablemente cuando hay poca distancia del aerogenerador a las baterías, y no tienen posibilidad de ajustes. Estos reguladores son caros y se estropean con bastante facilidad.

Otra alternativa, consiste en construirte tu propio regulador electrónico ajustable. Si has montado algún circuito electrónico, este regulador te resultará muy sencillo. El circuito está preparado para protegerse de las irregularidades de funcionamiento y puedes ajustar el voltaje del generador según tus necesidades. Sirve para dinamos y alternadores de 12 y 24 V, funcionando asociado con el "regulador del régimen de revoluciones". Así la instalación puede dejarse "al abandono", sin peligro de que se sobrecarguen las baterías. Cuando la instalación es de 12 voltios, el regulador se calibra a 14 voltios.



DESCONECTADOR DE FIN DE DESCARGA

El regulador de mínima tiene por misión desconectar automáticamente las baterías del resto de la instalación, cuando el voltaje es inferior a uno determinado, que se ajusta previamente. En instalaciones de 12 voltios se ajusta a 11,5 voltios. Así, en caso de quedarse conectado algún aparato por descuido, impide que las baterías se descarguen completamente, ya que esto es muy perjudicial (ver "baterías"). Cuando actúa el desconectador automático, desconecta las baterías, y se desconecta de sí mismo.



Para construir este aparato, se requieren los componentes electrónicos indicados, un interruptor de 30 A, de dos posiciones dos circuitos, y una bobina de las que llevan acoplados los motores de arranque, con su núcleo.

La bobina y el interruptor de pueden sustituir por un interruptor automático (magnético), retocado.

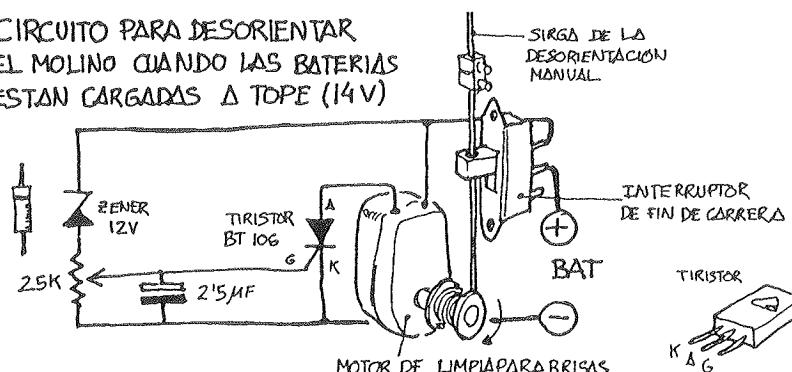
En situación ordinaria, el circuito consume sólo 3 mA. En el momento de la desconexión, el circuito da corriente a la bobina, ésta tira del interruptor, y desconecta las baterías.

CIRCUITOS DE FIN DE CARGA

desorientador automático

1º.- Una vez que las baterías están cargadas, el aerogenerador sigue girando, sin cargar. Este regulador, permite desorientar entonces el aerogenerador, evitando así que gire y se desgaste inútilmente. El circuito acciona un pequeño motor de limpiaparabrisas que tira automáticamente de la sirga de desorientación manual del molino. Al final de la carrera, cuando el aerogenerador está desorientado, el circuito se desconecta de sí mismo.

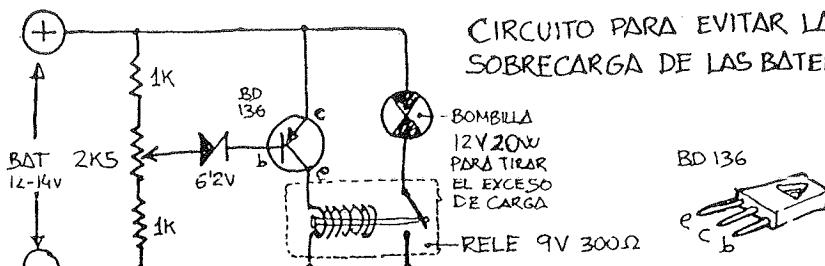
CIRCUITO PARA DESORIENTAR EL MOLINO CUANDO LAS BATERÍAS ESTÁN CARGADAS A TOPE (14V)



consumo del exceso de carga

2º.- Una vez que las baterías están cargadas, una segunda alternativa consiste en consumir la energía excedente. En el siguiente circuito, un transistor goberna un relé encargado de conectar una bombilla cuando el voltaje de las baterías supera 14 V.

Estos circuitos son especialmente adecuados para instalaciones cuyo generador es un alternador de imanes permanentes, ya que estos generadores, no admiten regulación.

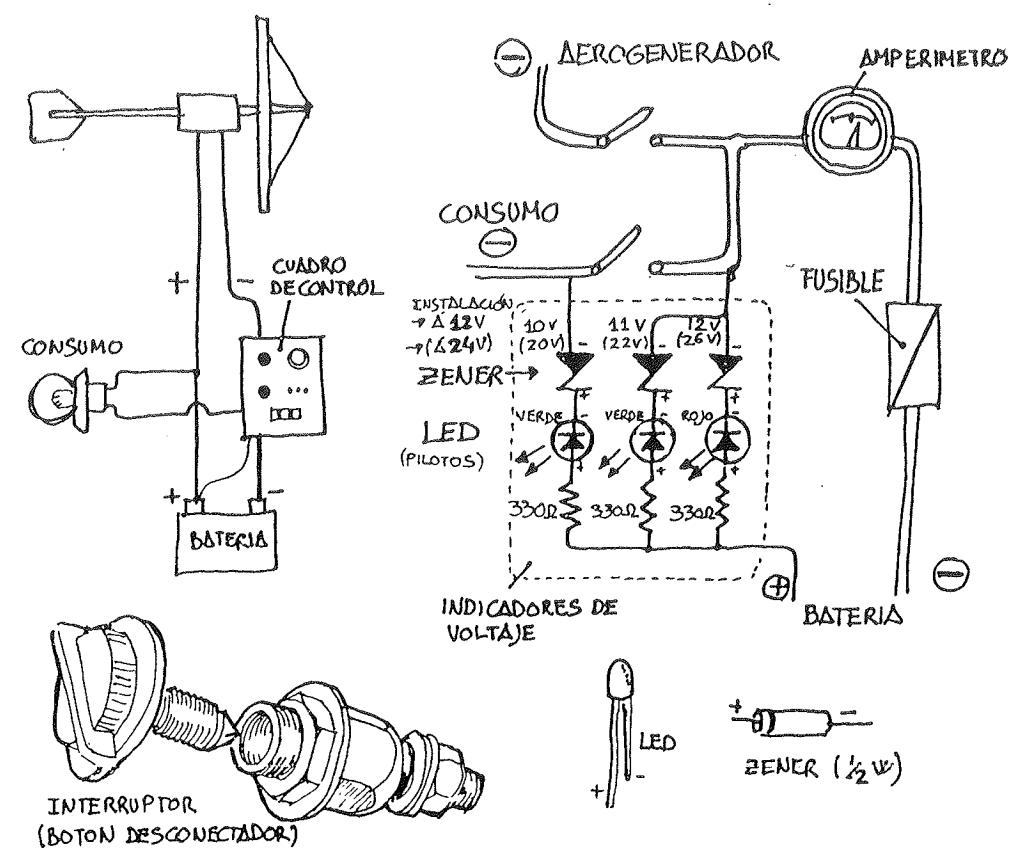


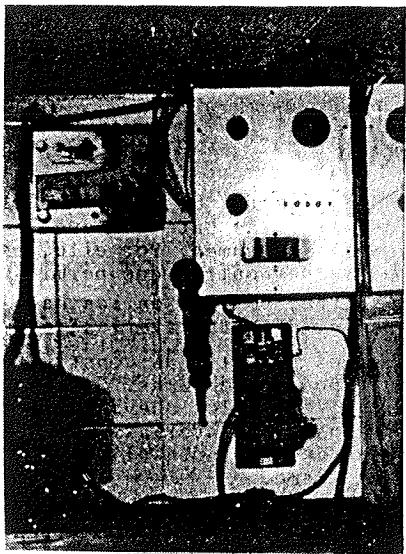
CUADRO DE CONTROL

En la instalación de un aerogenerador, tenemos de una parte el propio aparato que genera corriente, de otra, las baterías que la almacenan, y finalmente los aparatos que la consumen. Por ello, es casi imprescindible, disponer de un cuadro de control que permita determinar la intensidad de carga o descarga, voltaje de las baterías, desconectar las partes que se desean, detectar averías, etc.

El cuadro de control que proponemos, es sencillo de construir, está bien experimentado y no da ningún tipo de problemas. En él, los interruptores son botones desconectadores de los que se emplean en automóviles, ya que son económicos y sin averías. Los cables que pasan por el cuadro, son los que corresponden al polo negativo (-), para evitar la corrosión del mismo.

La situación del cuadro y su esquema, son los siguientes:

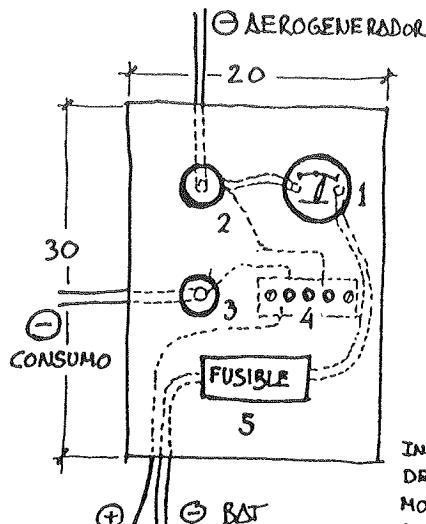




EL CUADRO DE CONTROL
DEBE ESTAR EN UN LUGAR
A LA VISTA Y SUELVE ESTAR
ACOMPAÑADO DE OTROS
APARATOS.

EN LA FOTO APARECE EL
INTERRUPTOR DE FIN DE
DESCARGA, EL DENSIMETRO
UN ANEMOMETRO Y LAS BATERIAS.

Para construir el cuadro, nos podemos servir de un recorte de chapa de aluminio de unos 20 x 30 cm. Utilizaremos el propio aluminio como conductor de la corriente eléctrica. La disposición del cuadro y sus componentes, es la siguiente:

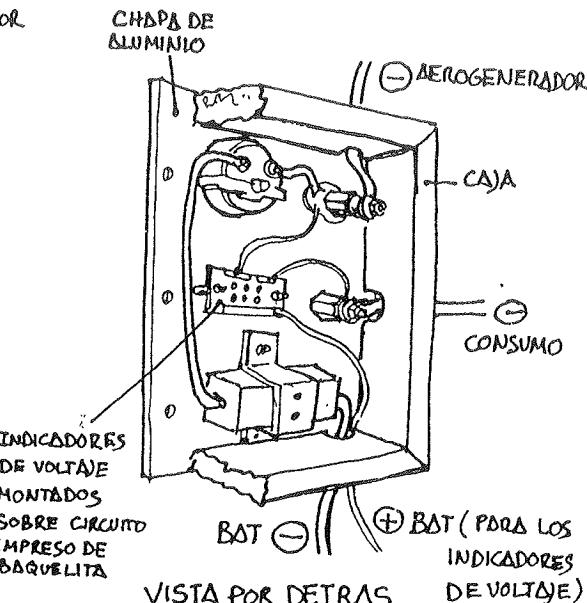


VISTA POR DELANTE

Descripción de los componentes del cuadro:

1.- Amperímetro: permite determinar en todo momento la intensidad de carga o descarga.

2.- Botón interruptor del aerogenerador: Permite desconectar el aparato de las baterías cuando se necesita.



VISTA POR DETRAS

3.- Botón interruptor de consumo: permite desconectar la instalación de consumo cuando se requiere, normalmente, al ausentarse de casa.

4.- Indicador de voltaje de las baterías: consta de tres pilotos indicadores: uno de baja carga, otro de media carga, y otro de sobrecarga. El primer piloto (verde), entra en funcionamiento con el botón 3 conectado. Los otros dos están permanentemente conectados. De este modo funcionan aun con el botón 3 desconectado.

En instalaciones de 12 V, permanecerá encendido el primer indicador cuando la tensión sea superior a 11,5 V, el segundo cuando sea superior a 12,5 V, y el tercero (rojo), cuando sea superior a 14 V.

Con el primer indicador verde encendido, podemos consumir corriente. Si no se enciende, con el botón 3 conectado, las baterías están muy descargadas, y no debemos consumir corriente para evitar que se sulfaten (ver "baterías"), o puede estar fundido el fusible. Los dos indicadores verdes encendidos, indican que las baterías están ya a plena carga. Si se enciende el indicador rojo, significa que las baterías ya están cargadas, y la carga del aerogenerador es excesiva, por lo que debe desorientarse para que no cargue.

Cada indicador de voltaje se construye con un diodo luminiscente (LED) de 3 mm Ø, un diodo zener, y una resistencia de 330 ohmios, todo en serie, respetando la polaridad de los diodos. Indicamos las características de los componentes:

Voltios	zener	LED
11,5	10 V	Verde
12,5	11 V	Verde
14,0	12 V	Rojo

Un voltímetro convencional de aguja, es mucho más caro, menos visual y no tiene suficiente sensibilidad en el margen que necesitamos.

5.- Fusible: Sirve para cortar la corriente de baterías cuando alcanza valores anormalmente grandes (cortocircuito). Se pueden emplear fusibles de hilo, teniendo en cuenta que el hilo de cobre de 0,4 mm Ø soporta 30 amperios.

Si se vive en la casa donde está el aerogenerador, lo normal es tener los botones 2 y 3 conectados, y por lo tanto, el indicador de voltaje verde, encendido (hay corriente para gastar). Si en estas condiciones, el piloto no se enciende, puede estar fundido el fusible o descargadas las baterías. Cambiar el fusible: si se enciende el piloto, se debe a que estaba fundido el fusible anterior (intentar averiguar las causas); si el piloto no se enciende, las baterías están descargadas (no consumir corriente).

Si se cambia el fusible fundido por otro nuevo y se funde pronto, hay avería. Desconectar los botones 2 y 3. Cambiar el fusible por otro nuevo. Conectar el botón 2. Si el amperímetro marca en rojo, a tope de escala, hay avería en el aerogenerador. Dejar el botón 2 desconectado y reparar la avería. Si el amperímetro no marca nada al conectar el botón 2, desconectarlo de nuevo. Conectar el botón 3. Si el amperímetro marca sobre rojo, a fondo de escala, hay avería en la instalación de consumo. Aflojar el botón 3 y detectar y reparar la avería.

CALCULO DE NECESIDADES

Antes de construir el molino de viento o la turbina para producir electricidad, debemos conocer los consumos previsibles que vayamos a tener. El molino o la turbina, deben cubrir nuestro consumo con holgura para posibles ampliaciones, pero sin pasarse, ya que a mayores máquinas, mayor inversión inicial.

El consumo de energía se mide en Kw·h (kilovatios hora). Un Kw·h equivale a la energía consumida por un aparato cuya potencia sea de 1 Kw (1.000 watos), durante una hora, o por un aparato que consuma 0,5 Kw (500 watos) durante 2 horas...

Podemos conocer la energía eléctrica consumida por cada aparato, en Kw·h multiplicando su potencia (en Kw) por las horas que está enchufado:

$$\text{Energía (Kw·h)} = \text{Potencia (Kw)} \times \text{Tiempo (horas)}$$

Así, una bombilla de 50 w (0,05 Kw) conectada durante 5 horas, consumirá:

$$0,05 \times 5 = 0,25 \text{ Kw·h}$$

Para facilitarte los cálculos, incluimos la potencia de diferentes aparatos en la tabla 24.

BOMBILLA DE "SITUACIÓN"	5 W
BOMBILLA "INTERMITENTE Ø FRENO".....	20 W
BOMBILLA DE "LARGA"	50 W
FLUORESCENTE CORTO	15 W
FLUORESCENTE LARGO	30 W
TELEVISION PORTATIL.....	35 W
TELEVISION NORMAL	100 W
RADIO ESTEREA.....	50-70 W
NEVERA	80-120 W
MOTOR LIMPIAPARABRISAS	6-12 W
VENTILADOR NORMAL	30-50 W
DINAMO USADA DE MOTOR	60-400 W
TALADRADORA	200-400 W
SOLDADOR ELECTRICO	50-100 W
PLANCHAS (SIN VAPOR).....	150-300 W
PLANCHAS (CON VAPOR).....	1000 W
CALENTADOR ELECTRICO (TERMO)	1000-2000 W
COCINA ELECTRICA	2000-3000 W

TABLA 24

Para orientarte sobre el tema de consumo, diremos que una casa habitada continuamente por cuatro o cinco personas que viven sin derroches, tiene los siguientes consumos:

TIPO DE CONSUMO		TIPO DE CONSUMOS		CONSUMO MENSUAL Kw·h	
				CASA HABITADA CONTINUAMENTE	CASA DE FIN DE SEMANA
① ILUMINACION (BOMBILLAS Y FLUORESCENTES)	0'4-0'6	①	12-18	4 - 6	
② ELECTRODOMESTICOS (LAVADORA, TELEVISION, PLANCHAS, TALADRO...)	0'2-0'4	①+②	15-30	5 - 10	
③ FRIGORIFICO NEVERA	0'7-1	①+②+③	40-60	14 - 20	

TABLA 25

Cuando la casa está habitada sólo el fin de semana, se puede estimar un consumo igual a la tercera parte del que tendría en caso de estar habitada permanentemente, tal como se indica en la columna derecha de la Tabla 25.

La energía eléctrica es de alta calidad, y sus utilizaciones, también deben serlo. Por esto, no emplearemos la electricidad para transformarla en calor (calentar, cocinar), a no ser que tengamos superproducción. La electricidad transformada en calor, no cunde mucho. Un Kw·h equivale a 860 Kcal, mientras que un Kilogramo de leña, tiene más de 4.000 Kcal (unos 5 Kw·h).

PARA CALENTAR UNA CASA CON POCO GASTO DE ENERGIA SE DEBE COMENZAR POR AISLAR PERFECTAMENTE TODAS LAS PAREDES SUELOS Y TECHOS. DE NADA SIRVE METER MUCHAS CALORIAS SI SE NOS ESCAPAN CON FACILIDAD. PUEDES APRENDER A AISLAR TU CASA CON EL LIBRO "LA CASA AUTOSUFICIENTE" DE BRENDY Y ROBERT VALE (VER EN BIBLIOGRAFIA).

UNA PEQUENA ESTUFA PUEDE SERVIR PARA COCINAR, CALENTAR EL AGUA CALIENTE Y EL LOCAL CON MUY POCO GASTO DE LEÑA. OBSERVESE EL GRAN DIAMETRO DE LA CHIMENEA PARA APROVECHAR EL CALOR.

Hay ciertos aparatos como las planchas, soldadores, etc., donde la electricidad es necesaria para calentar, pero esto no supone un consumo importante por las pocas horas de utilización. Incluso estas actividades pueden reservarse para días ventosos si fuera necesario.

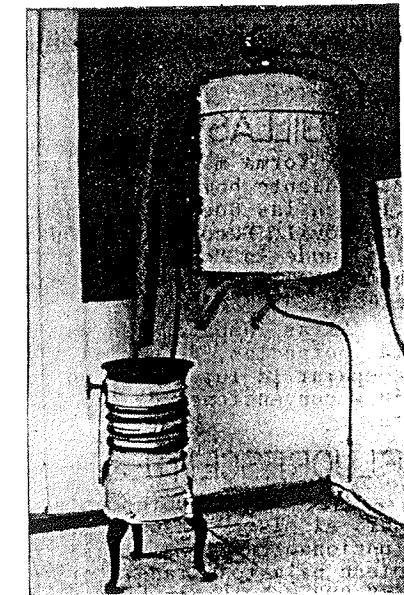
Hacemos más no gastando que produciendo. A pesar de que el sol, el agua o el viento son gratis, no se trata de reproducir los hábitos consumistas de nuestra sociedad.

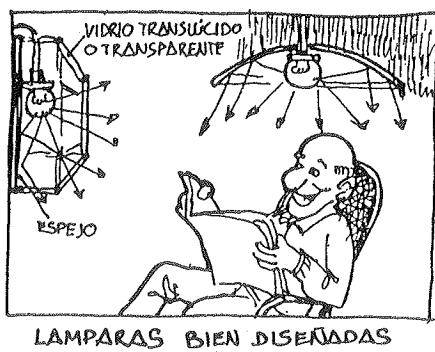
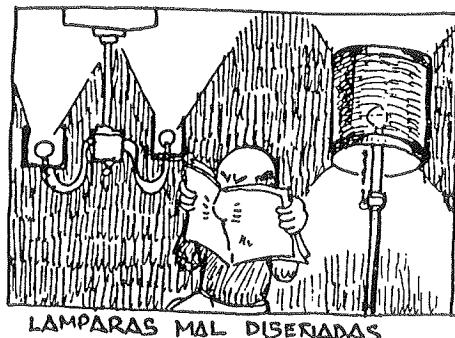
Aparatos de iluminación

Para iluminar un local, es más importante el rendimiento de la lámpara en conjunto que la potencia de las bombillas. De nada sirve tener muchas bombillas de 50 w tapadas con pantallas y vidrios oscuros que no dejan salir la luz.

Las lámparas deben permitir que la luz salga sin obstáculos, y dirigida hacia donde sea necesario.

No es recomendable el uso de paráolas de foco de coche, por concentrar excesivamente el haz luminoso.





BOMBILLAS

La forma más generalizada de convertir la electricidad en luz es mediante bombillas de filamento. En instalaciones de poca potencia, en las que se trabaja a 12 voltios, se emplean bombillas de automóvil. Pueden usarse para la casa las bombillas a las que se les funde la "corta", y les queda el filamento de "larga". Estas bombillas son fáciles de encontrar en la basura de los talleres eléctricos.

Estas lámparas son muy eficaces, y podemos encontrar de todas las potencias, desde las más pequeñas hasta las halógenas. Basta comparar la luz que da un foco de coche (40 w) con una lámpara de 40 w convencional de 125 ó 220 V. Las de coche tienen más rendimiento.

FLUORESCENTES

Los tubos fluorescentes dan el doble de luz que las bombillas para el mismo consumo, pero requieren corriente alterna para su funcionamiento. Para pasar de corriente continua a alterna, se emplean balastos transistorizados comerciales de alta frecuencia (20.000 Hz). Estos balastos pueden alimentar fluorescentes, pero son algo caros.

La luz de fluorescente es más difusa que la de bombilla, y puede ser mejor para ciertas actividades (lectura). De todos modos, si el molino de viento o la turbina dan suficiente energía, no será necesario el uso de fluorescentes para economizar electricidad.

Se suelen utilizar fluorescentes en las granjas, para engañar a los animales y hacerles creer que hay 15 horas de luz en invierno. En estos casos, se consumen 5 a 10 w/m² y las luces se mantienen encendidas unas cinco horas en invierno.

Electrodomésticos

Los electrodomésticos son otro apartado importante dentro del consumo de una vivienda. Hoy día se hacen para durar poco y consumir (derrochar) mucho.

Para un uso racional de todo este tipo de aparatos, casi siempre es necesario hacerles ciertos retoques.

LAVADORAS

Las lavadoras están diseñadas para devorar grandes cantidades de agua y energía, y los programas de lavado duran dos horas de continuo tomar, calentar y tirar agua caliente y jabón.

El mayor consumo de estas máquinas está en la resistencia para calentar agua (2.000 vatios). La práctica demuestra que para lavar no se necesita tanta complicación; basta tener la ropa dando vueltas (y en un solo sentido) 15 ó 20 minutos, para sacarla limpia.

Para tener una lavadora ecológica y de poco consumo, puedes comenzar por agenciar de una chatarrería una lavadora de tambor con carga para arriba (son mejores que las de carga lateral). Puedes quitarle el viejo motor y la mayoría de los cables y programadores. Le pones un motor pequeño (50-100 w), que puede ser una dinamo de coche funcionando como motor (ver "dinamos"). Este motor, funcionará con corriente continua de la batería y deberá mover el tambor con ropa a unas 60 rpm. Para ésto, debes probar con diferentes diámetros de polea en el motor.

Sólo queda aislar térmicamente la caja con manta de lana de vidrio, y le das un botón para accionar el motor.

DESPUES DE QUITARLE TODO
LO QUE SOBRA Y PONERLE
UNA DINAMO PARA MOTOR GASTA
MENOS Y FUNCIONA MUCHO MEJOR



Para lavar, basta con echar agua caliente (de la placa solar o paila de la cocina económica), y jabón suficiente, le das al botón y a los 20 minutos, la paras.

Si quieres aclarar la ropa, vacías el agua que estaba, y echas agua limpia mientras el tambor sigue girando. La dejas girar otro rato sin agua (como si fuera el centrifugado), y tiendes la ropa al sol con unas pinzas. Así habrás lavado con poco consumo de agua y energía, poco esfuerzo y poco tiempo.

El planchado se hace sin problemas sustituyendo la resistencia que lleva la plancha (de 125 ó 220 V) por otra de 12 ó 24 V. La resistencia debe ser de unos 150 w. En vez de plancha de vapor (1000 w), es más práctico pulverizar agua con un pulverizador manual.

BATIDORAS, TALADRADORAS Y OTROS

Todos estos electrodomésticos llevan motores universales, es decir, funcionan con corriente continua y con alterna. Si tienes la instalación a 125 ó 220 V de corriente continua, no tendrás ningún problema para usar todo este tipo de aparatos.

Si como es más frecuente, la instalación es de 12 ó 24 V, hay varias alternativas. Se puede utilizar un convertidor electrónico estático que nos pase de 12 V c.c. a 125 V c.a., pero será una solución cara.

También cabe la posibilidad de hacerse estos aparatos. Una batidora se puede hacer con una dinamo usada como motor a la que se le ha colocado una hélice. Una taladradora se hace igualmente colocando un portabrocas en una dinamo o en un motor de arranque de un coche, etc.

NEVERA

La nevera o congelador, es un electrodoméstico que puede condicionar bastante el tamaño del molino o la turbina, ya que puede duplicar el consumo de la casa, con lo que necesitaremos un mayor número de baterías y mayor presupuesto.

Primero hay que plantearse la necesidad real de una nevera. Los frigoríficos han surgido principalmente por el hecho de que el consumidor es cada vez más consumidor y menos productor. Cuando el modo de vida se acerca a la autonomía y al autoconsumo, la nevera sirve para muy poco. Las hortalizas están en la huerta, las gallinas ponen huevos diariamente, y si vas a comerte un conejo lo coges del corral.

La nevera puede servir en estos casos sólo para tener un pedazo de mantequilla, unos yogures o la bebida fresca y todo esto se consigue con 6 a 10°C. No hace falta más frío para nada, incluso más frío es perjudicial para la salud.

Para solucionar el problema de la nevera, hay varias alternativas que se describen a continuación. Ante todo, la nevera, debe estar situada en un cuarto fresco, orientado al norte para reducir el consumo.

Si quieras usar una nevera convencional, debes saber que consumirá al día alrededor de 1 Kw·h y para conectarla a las baterías se necesita un convertidor (12 V cc a 125 ó 220 V ca) de unos 300 w. Estos convertidores son caros y suelen dar onda cuadrada (la de la red es sinusoidal).

Otra alternativa para tener una nevera que congele es comprar una nevera de absorción que funcionan con gas butano. El consumo de estas neveras es de una bombona al mes. Este tipo de neveras, suelen tener también toma para 12 V c.c. para poder funcionar, pero su consumo será también de 1 Kw·h al día, o más.

FRESQUERA DE RADIACIÓN

Para conservar la mayoría de las cosas, basta con una fresquera de radiación nocturna. Puede hacerse fácilmente y funciona por principios simples, de forma totalmente pasiva y automática, sin bombas, consumos de energía, ni averías.

La nevera consta de un radiador con una chapa de hierro que cierra la cara delantera de un cajón de madera. La chapa va pintada de negro mate. El conjunto va colocado en la pared norte, y mejor aún en un tejado que de al norte.

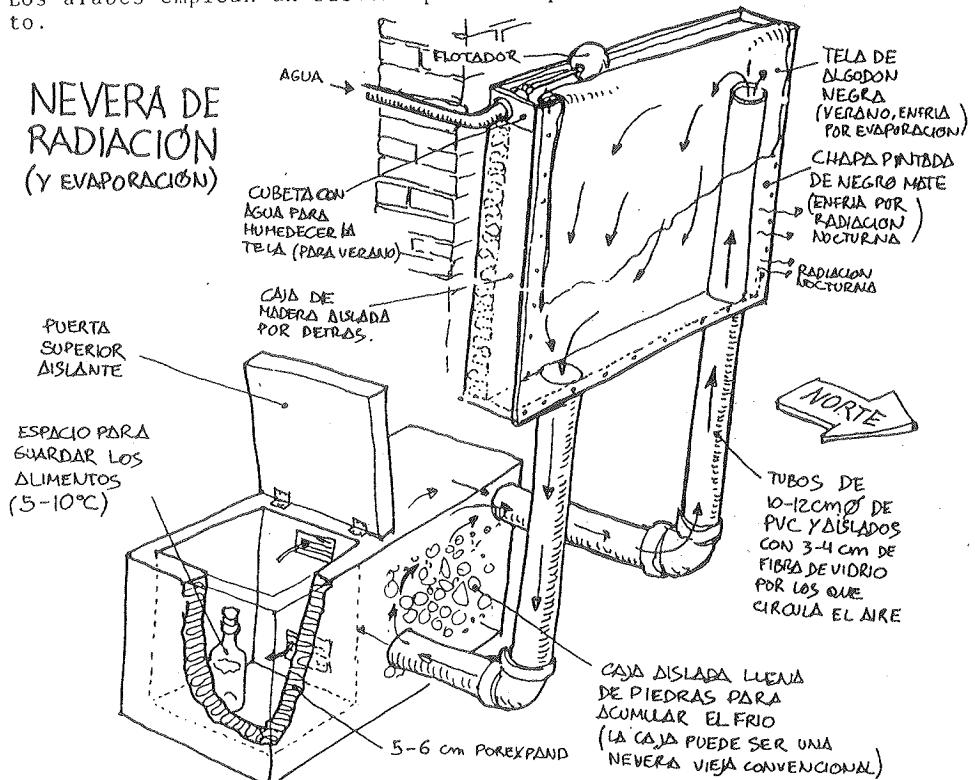
Durante la noche, la chapa negra irradia energía a la atmósfera y se enfriá por debajo de la temperatura ambiente. El aire que está dentro del cajón, se enfriá y desciende hasta un acumulador de frío que consiste en un montón de piedras o bandejas con agua metidas en una caja aislada térmicamente. Al lado de estas piedras, está el espacio destinado a conservar los alimentos. Este espacio debe tener tapa superior para minimizar pérdidas de calor. Una vez que el aire atraviesa las piedras enfriándolas, asciende al radiador y vuelve a enfriarse.

Para el verano y en zonas secas sobre todo, es recomendable cubrir la chapa del radiador con una tela húmeda.

Así, además de la radiación, la evaporación del agua favorece el enfriamiento, por el mismo principio que hace que el agua de un boquito se mantenga fresca.

Esta fresquera, consigue temperaturas por debajo de la mínima exterior y mantiene 6 a 10°C con facilidad. En invierno puede congelar. Los árabes emplean un sistema parecido para hacer hielo en el desierto.

NEVERA DE RADIACIÓN (Y EVAPORACIÓN)

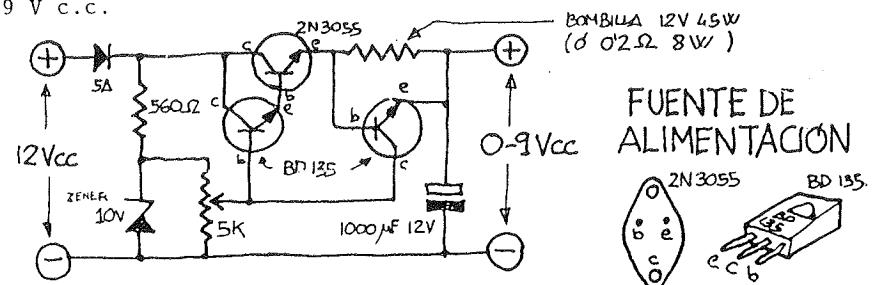


TELEVISION, RADIO...

Los aparatos electrónicos suelen tener entradas de alimentación a 12 V c.c. y hay multitud de radios, cassettes y televisores que funcionan a 12 V.

Algunos equipos de alta fidelidad y televisores en color, sólo funcionan con 220 V c.a. y requieren convertidores electrónicos de onda sinusoidal para funcionar correctamente.

Para poder conectar a las baterías de 12 V aparatos de radio, cassettes, etc., que funcionen a menos voltios (4,5 V, 9 V), puedes construirte una fuente de alimentación de 2 amperios, cortocircuitable muy buena, que da salida regulable con continuidad entre cero y 9 V c.c.



FUENTE DE ALIMENTACIÓN

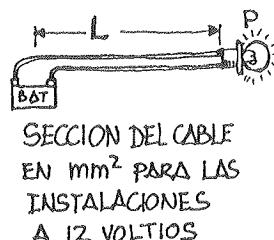
INSTALACION

Antes de tirar unos cables cualesquiera en una instalación, es conveniente que nos sentemos para hacer algunos números. Hay que tener en cuenta que se puede perder una importante cantidad de energía por los hilos de la instalación si son demasiado delgados, pero unos cables gruesos, desbordarían el presupuesto. Debemos buscar en cada caso una solución intermedia.

En la Tabla 26 indicamos los valores de la sección recomendable del cable de cobre en milímetros cuadrados, para instalaciones a 12 voltios, según la distancia de las baterías al punto de consumo y la potencia transportada, para pérdidas de energía del 5%.

TABLA 26 DISTANCIA L DE BATERIAS AL CONSUMO

	5	10	20	40
12	1	1	1'5	2'5
25	1	1'5	2'5	6
(WATIOS)	50	1'5	2'5	6
	100	2'5	6	10
	200	6	10	20
	400	10	20	40



En instalaciones de 24 V, basta con la cuarta parte de sección para la misma potencia transportada con iguales pérdidas.

Puedes calcular la sección de cable recomendable para instalaciones a 12 V en cable de cobre, y con pérdidas del 5% con ayuda de la siguiente fórmula:

$$s = 0,005 \cdot l \cdot P$$

s: sección del cable de cobre en mm^2

l: distancia en metros de las baterías al punto de consumo

P: potencia del aparato en watos.

Si quieres realizar tus propios cálculos para cualquier instalación, te puedes ayudar con la siguiente fórmula:

$$s = \frac{200 \cdot \rho \cdot l \cdot P}{\gamma p \cdot V^2}$$

ρ : resistividad del material del cable (tabla 27)

γp : porcentaje de energía perdida en los cables

V: voltaje de la instalación.

Puedes ver la potencia de diferentes aparatos en la Tabla 24.

Los cables se fabrican sólo en ciertas secciones determinadas, que son: 1, 1,5, 2,5, 4, 6, 10, 16, 25, ... milímetros cuadrados.

Existen dos tipos de cables: rígidos y flexibles. Los rígidos están formados por uno o varios gruesos, y los flexibles, por muchos hilos finos. Tened en cuenta que mientras el hilo rígido se puede instalar al aire por su rigidez, también es cierto que al doblar y desdobljar por un punto, se rompe con facilidad. El flexible es algo más caro. Si la instalación va empotrada, no conseguiremos pasar el cable rígido por las curvas.

No te asustes por los cálculos en electricidad. Si lees con atención lo que sigue, te puedes poner al corriente de lo fundamental.

Para nuestros cálculos, utilizaremos la "Ley de Ohm"

$$V = R \cdot I \quad (1)$$

V: voltaje de la instalación (se mide en voltios).

R: resistencia o dificultad con que pasa la corriente (se mide en Ohmios).

I: intensidad de la corriente eléctrica (se mide en amperios)

También utilizaremos la expresión

$$P = V \cdot I \quad (2)$$

donde P es la potencia del aparato que conectamos (se mide en watios).

Sustituyendo V de (1) en (2), obtenemos otra ecuación útil:

$$P = R \cdot I^2$$

Por ejemplo, una lámpara de coche tiene las siguientes indicaciones: 12 V 48 w. ¿Qué intensidad consume? Veamos, según la expresión (2):

$$P = V \cdot I \quad I = \frac{P}{V}$$

En nuestro caso, la potencia (P) es 48 watios, y el voltaje (V) es 12 voltios:

$$I = \frac{48 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 4 \text{ A}$$

Es decir, cuando conectamos una lámpara de 12 V 48 w circula una corriente de 4 amperios.

Ahora podemos preguntarnos por la resistencia de esta lámpara. Aplicando la Ley de Ohm:

$$V = R \cdot I \quad R = \frac{V}{I}$$

Recordemos que en nuestro caso, el voltaje son 12 voltios, y la intensidad, 4 amperios:

$$R = \frac{12 \text{ V}}{4 \text{ A}} = 3 \text{ ohmios}$$

Es decir, nuestra lámpara, tiene una resistencia de 3 ohmios.

Puesto que trabajamos con voltajes pequeños, circularán intensidades relativamente grandes, aun conectando aparatos de poca potencia, y la resistencia de éstos, será siempre pequeña: por esto debemos instalar cables más gruesos que los conocidos en instalaciones de 125 V ó 220 V.

Un cable tiene tanta más resistencia cuanto más fino y largo sea. Además, la resistencia depende del material de que está hecho el cable.

Para calcular la resistencia de cualquier cable, podemos utilizar la siguiente fórmula:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

donde ρ es la resistividad, característica de cada material.

L es la longitud del cable, en metros.

S es la sección del cable, en milímetros cuadrados.

La tabla 27, recoge la resistividad de algunos metales:

RESISTIVIDAD DE METALES	PLATA 0'0163	HIERRO 0'1200
TABLA 27. OHMIOS X MM ² METRO	COBRE 0'0172	PLOMO 0'204
	ALUMINIO 0'0283	GRAFITO 7'50

Si conoces a algún amigo electricista, podrás conseguir los cables que necesitas con un 40% de descuento.

Se puede utilizar cable aislado con plástico marrón para el positivo, y azul para el negativo. Así se conoce la polaridad de los cables en todo momento. Si no quieres comprar un rollo de cada color, ten cuidado con la polaridad. Puedes usar una lámpara con un diodo en serie para salir de dudas.

Los empalmes van bien con regletas de conexiones. De todas formas, procura hacer el mínimo número de empalmes, ya que son fuente de averías y pérdidas.

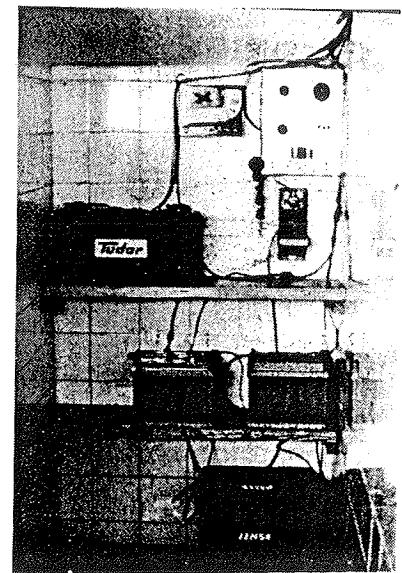
VOLTAJE DE LA INSTALACION

Ya que las pérdidas por transporte de la corriente, dependen del cuadrado de la intensidad, existe un voltaje recomendable para cada gama de potencia del generador, de forma que en ningún caso, la intensidad supere los 40 amperios.

Es decir, para generadores de hasta 500 w, 12 voltios, hasta 1.000 w, 24 voltios. Para mayores potencias, es mejor utilizar 110 ó 220 voltios. Para estas tensiones (12, 24, 110, 220 voltios), existen multitud de bombillas, motores y aparatos, pero para otras como 36 V, 48 V, la cosa es más difícil.

LAS BATERIAS SON INDISPENSABLES EN TODA INSTALACIÓN ELECTRICA PARA ACUMULAR LA ENERGIA PRODUCIDA POR EL MOLINO O LA TURBINA.

LAS BATERIAS SE COLOCAN SOBRE ESTANTES DE MADERA EN UN LUGAR SECO.



BATERIAS

La corriente eléctrica producida por el generador puede seguir dos caminos: consumirse en el acto o acumularse.

Normalmente, la instalación de un aerogenerador, o turbina va acompañada de las correspondientes baterías de acumuladores, cuya misión es almacenar energía para los días sin viento y mantener constante el voltaje de la instalación.

DESCRIPCION

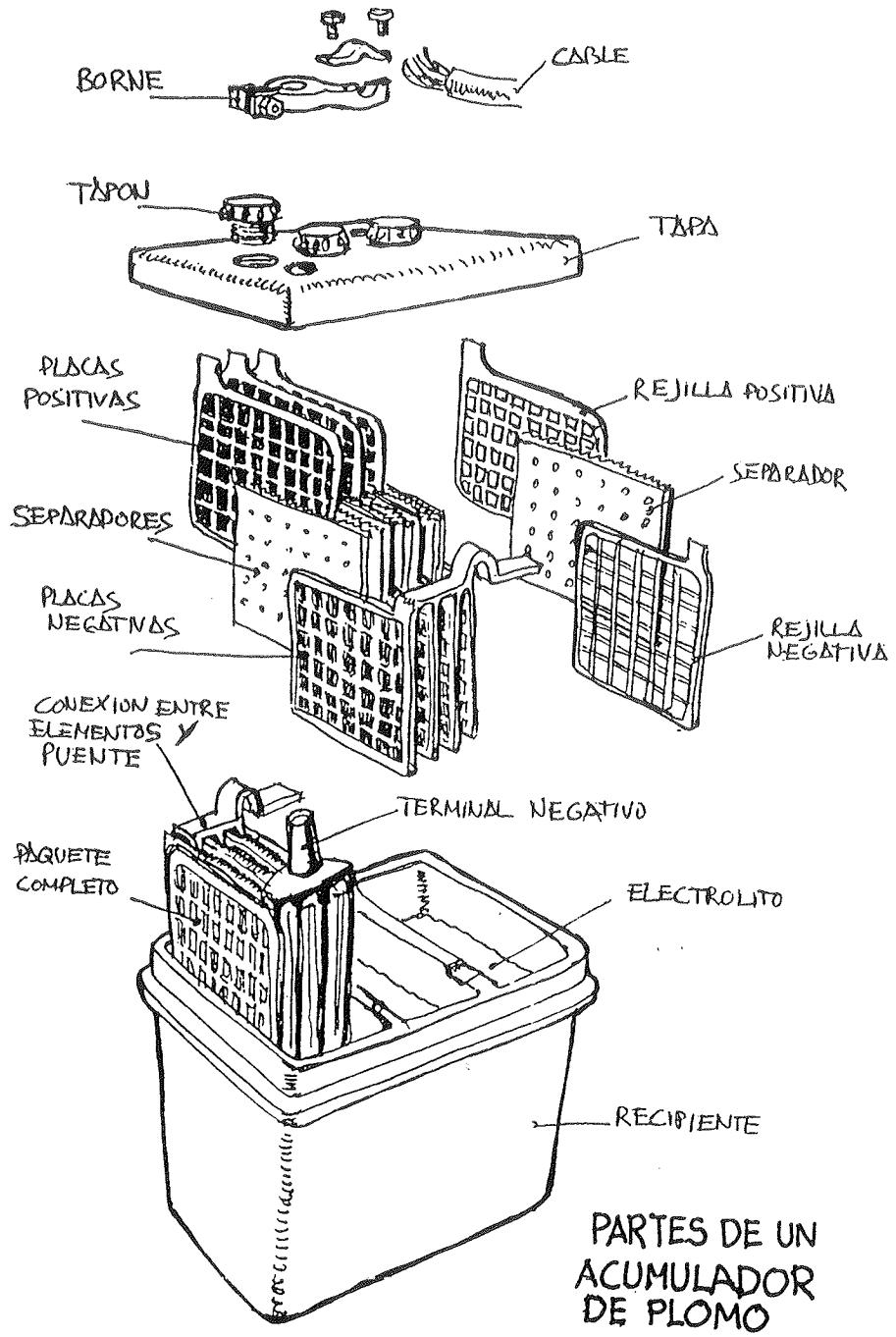
Existen diferentes tipos de baterías, pero sólo nos ocuparemos de las de plomo por ser las más frecuentes y económicas.

Las baterías de plomo, están formadas por varias celdas. Ya que cada celda proporciona dos voltios, se comprende que las baterías de seis voltios tengan tres celdas (tres tapones), y las de doce voltios, seis celdas (seis tapones).

Cada celda está formada por un vaso dentro del cual hay varias rejillas de plomo unidas entre sí, intercaladas por otras rejillas, también unidas entre sí, pero separadas de las primeras mediante separadores de material aislante (madera, fibra de vidrio, plástico...).

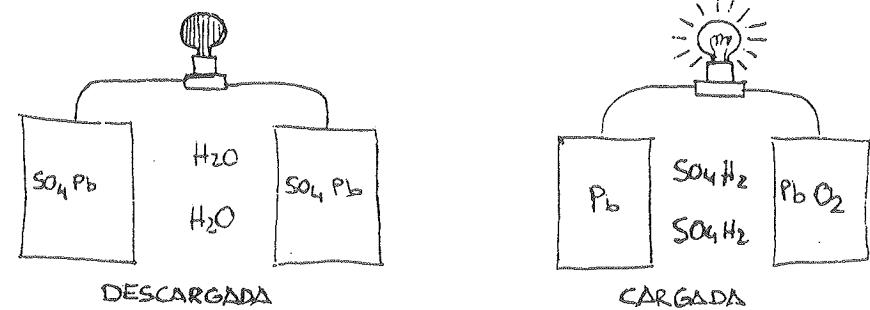
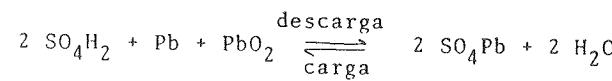
Los huecos de las rejillas positivas, se llenan con óxido de plomo (PbO_2) o minio (Pb_3O_4) y los de las placas negativas, con plomo esponjoso (Pb), o litargirio (PbO).

Todo el conjunto, va sumergido en una disolución de ácido sulfúrico en agua (electrolito), de concentración adecuada.



FUNCIONAMIENTO

Durante la descarga, se va consumiendo y diluyendo el ácido sulfúrico del electrolito y se forma sulfato de plomo sólido y agua. Al cargar la batería, suceden las mismas reacciones en sentido opuesto:



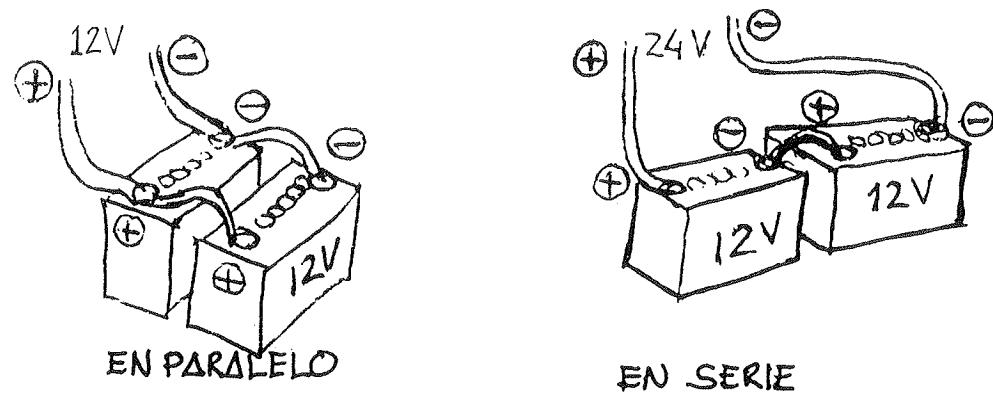
ASOCIACIÓN DE BATERIAS

Para aumentar la reserva de energía se pueden asociar varias baterías en serie o en paralelo.

Cuando se asocian en paralelo, se deben conectar baterías del mismo voltaje, uniendo entre sí los bornes del mismo signo (positivos con positivos, negativos con negativos). El voltaje de la asociación es el de una cualquiera de las baterías, pero se dispone de más energía e intensidad que con una sola batería.

Cuando se asocian en serie, se deben conectar baterías de capacidad parecida, ya que si una celda grande está en serie con una pequeña, al consumir corriente, la pequeña se agota pronto y aunque la grande no esté agotada, ya no disponemos de corriente.

El voltaje de la asociación en serie es la suma de los voltajes de cada batería. Se utiliza esta asociación en instalaciones de 24 V (12 + 12), y de 110 ó 220 V. En esta asociación, se unen entre sí los bornes de signo opuesto, como se indica en el dibujo:



Antes de acoplar una batería usada a las que tienes, debes conocer su capacidad actual, y asegurarte de que no está sulfatada ni tiene vasos comunicados. Esto se comprueba cargando la batería hasta su tope con poca intensidad (3A). Se deja la batería así, un par de semanas. Entonces se mide el voltaje entre bornes; este voltaje nunca debe ser inferior al nominal de la batería (6 ó 12 voltios), de lo contrario, debes desecharla por tener algún vaso comunicado.

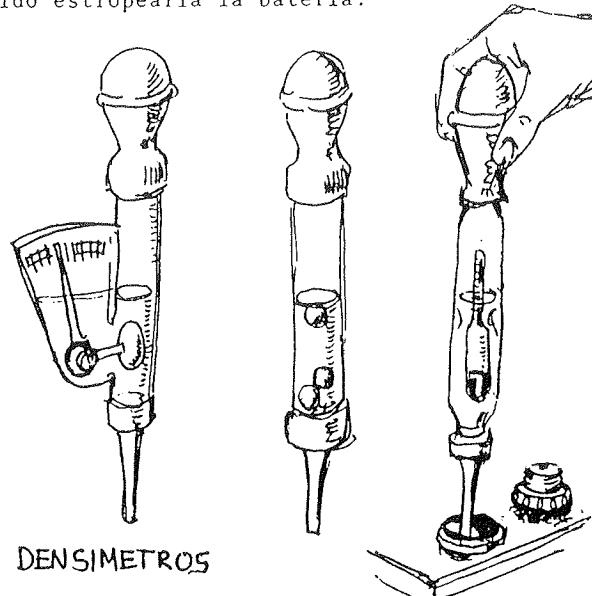
Ahora conecta una bombilla de faro de coche de unos 48 w por ejemplo, y controla el tiempo que le cuesta descargarse (luz amarillenta). En cuanto la batería dé los primeros síntomas de descarga, desconecta la bombilla y vuelve a cargar la batería a tope con poca intensidad. Multiplicando las horas que ha estado encendida la bombilla por la intensidad, tienes la capacidad actual en amperios hora (Ah). Si la bombilla ha permanecido muy poco tiempo encendida, desechar la batería porque tiene muy poca capacidad. Está sulfatada.

MANTENIMIENTO Y CUIDADOS

1.- Debe evitarse que la batería se descargue muy a fondo, ya que al consumirse el plomo esponjoso de las placas, se forma sulfato a costas de la rejilla de las mismas, y ya no se puede volver a cargar. Se dice que la batería está sulfatada. Las baterías no deben dejarse con poca carga ni durante un corto período de tiempo.

2.- También debe evitarse la sobrecarga, ya que una vez completamente cargada la batería, se produce la electrolisis del agua, formándose oxígeno e hidrógeno que se desprende por los respiraderos de los tapones, con peligro de explosión. Además, el oxígeno formado, oxida las placas, las deforma, tuerce y estropea. Al mismo tiempo, si la descarga de las baterías fuera demasiado pequeña, y se mantuviera siempre con carga total, debería pararse una vez al mes para poder descargarlas y volver a cargarlas de nuevo.

3.- Debe cuidarse de que el electrolito cubra siempre las placas, más un centímetro por encima, por lo que si es necesario, se llenará cada celda hasta este nivel con agua destilada, NUNCA CON ACIDO SULFURICO, porque éste ni se evapora ni se descompone. Un exceso de ácido estropearía la batería.



4.- Se puede conocer el estado de carga de una batería mediante un densímetro. La densidad del electrolito varía desde 1,26 ó 1,28 con la batería completamente cargada, hasta 1,15 cuando está descargada.

5.- Las tapas de las baterías se conservarán bien limpias y secas (limpiar los agujeritos de los tapones) y los bornes, una vez conectados, se untarán con grasa para reducir la autodescarga y evitar su corrosión.

6.- Conviene tener baterías grandes. Para una misma reserva tiene menos bornes y menos vasos que controlar con el densímetro.

CALCULO DE LAS BATERIAS

La capacidad de las baterías se mide en Amperios-hora (Ah). Una batería tiene 100 Ah cuando puede suministrar 1A durante 100 horas (ó 2A durante 50 horas, 5A durante 20 horas...).

Para saber cuántos Ah deben acumular nuestras baterías, debemos comenzar por saber el voltaje (V) de la instalación (12, 24, 110, 220 V), la cantidad de energía (E) consumida diariamente, en Kw.h, y los días de autonomía (d) que necesitamos tener. En el caso de una instalación eólica, los días de autonomía, vienen condicionados por los máximos períodos de calma (suelen estar entre 5 y 10 días). En instalaciones hidráulicas basta con tener una reserva equivalente a dos días, para no dar ciclos profundos a las baterías.

Además hay que tener en cuenta un coeficiente de 1,3 por pérdidas de rendimiento y máxima profundidad aconsejable de la descarga.

La capacidad (C) de las baterías, en Ah es:

$$C = \frac{1.300 \cdot E \cdot d}{V}$$

Por ejemplo, si consumimos 30 Kw.h al mes, o sea, 1 Kw.h al día, y queremos tener una autonomía de 5 días (podemos estar 5 días sin viento consumiendo normalmente), la capacidad de las baterías en una instalación a 12 V será:

$$C = \frac{1.300 \cdot 1.5}{12} = 542 \text{ Ah}$$

Respecto a las baterías, hay que tener en cuenta la profundidad del ciclaje diario. Es decir, si tenemos muy poca capacidad de baterías, éstas sufrirán un ciclo de carga y descarga en muy poco tiempo con lo que se reduce mucho su tiempo de servicio.

La intensidad de carga de un grupo de baterías, nunca debe ser superior al 10% de su capacidad en Ah. Por ejemplo, si tenemos un aerogenerador que puede cargar 10 A sobre 12 V, la capacidad mínima de las baterías, será de 100 Ah. En este caso, será recomendable tener una capacidad de almacenamiento del orden de los 200 Ah.

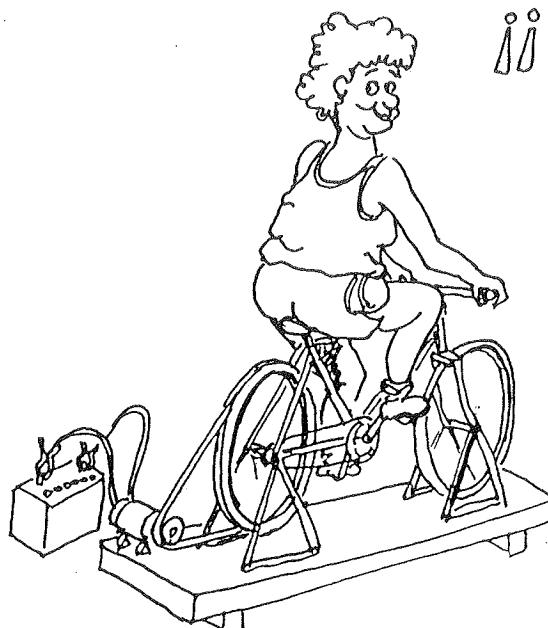
También debe tenerse en cuenta que no se deben llevar las baterías en ciclos de plena carga a plena descarga, ya que estos ciclos "profundos", las hacen envejecer pronto. La capacidad "real" de una batería, es del 70-80% de la nominal en buenas condiciones de trabajo.

En el mercado se encuentran baterías de todas las capacidades, desde 10 a 20 Ah las de moto, 35 a 45 Ah las de coche, y más de 100 Ah las de camión. Si has de comprar las baterías nuevas, lo mejor es comprarlas de los tamaños mayores (de 150 a 200 Ah), y a poder ser, baterías para vehículos de tracción eléctrica. Estas, soportan de 3.000 a 5.000 ciclos de carga-descarga antes de perder el 20% de su capacidad nominal. No conviene comprar baterías "de arranque" ya que sólo soportan unos 250 ciclos de carga y descarga.

En caso de comprar baterías nuevas, procura hacerlo a través de algún amigo que trabaje en la electricidad del automóvil, y te ahorrarás el 30% como mínimo.

También debes mirar la posibilidad de agenciar baterías usadas, en buenas condiciones, a bajo precio: baterías de camiones en buen estado, baterías de carretillas elevadoras, etc.

Los acumuladores comerciales son caros y su industria es muy contaminante. Es necesario hacer una investigación alternativa seria encaminada a lograr la autoconstrucción de acumuladores de buenas características y bajo coste.



¡¡ ATENCIÓN !!

**NUEVO CICLOSTATIC
CARGAMÁS**

SI SU MOLINO DE VIENTO LE JUEGA UNA MALA PASADA Y SU SEÑORÁ QUIERE ADELGAZAR ESTA ES LA SOLUCIÓN A TODOS SUS PROBLEMAS

- SIN CONTAMINACIÓN
- SIN RUIDO
- SIN GASTOS

GRUPOS ELECTROGENOS
HAMACA®

Tablas de conversión

1 Km (Kilómetro) = 1000 m (metros)

1 m = 100 cm (centímetros) = 1000 mm (milímetros)

1" (pulgada) = 2,54 cm

1 pie = 30,48 cm

1 m³ (metro cúbico) = 1000 l (litros)

1 l = 1000 cm³ (centímetros cúbicos)

1 Tm (Tonelada métrica) = 1000 Kg (Kilogramos)

1 Kg = 1000 g (gramos)

1 m/s (metro/segundo) = 3,6 Km/h (Kilómetros/hora)

1 Kp (Kilopondio) = 9,8 N (Newton) = fuerza con que la tierra atrae a un cuerpo de 1 Kg.

1 Kp.m (Kilopondio por metro) = medida de par equivalente a una fuerza de 1 Kp aplicada a 1 m de distancia.

1 atm (atmósfera) = presión atmosférica = 10 m.c.a (metros de columna de agua).

1 Kw (Kilowatio) = 1000 w (watos)

1 C.V. (Caballo de vapor) = 735 w

1 cal (caloría) = cantidad de agua necesaria para elevar 1°C la temperatura de 1 g de agua.

1 Kcal (Kilocaloría) = 1000 cal.

1 Kw.h (Kilowatio-hora) = 864 Kcal

Para unidades eléctricas, ver "Instalación"

NUMERO BEAUFORT	VELOCIDAD VIENTO		DESCRIPCION GENERAL	CRITERIOS EN TIERRA
	KM/H	M/S		
0		0/0,2	Calma	El humo sube verticalmente
1	1/5	0,3/1,5	Aire ligero	El humo se inclina pero no se mueven las veletas
2	6/11	1,6/3,3	Brisa ligera	Se nota el viento en la cara. Las hojas se mueven y las veletas giran
3	12/19	3,4/5,4	Brisa suave	Hojas y ramitas en movimiento continuo. Se agitan las banderitas
4	20/28	5,5/7,9	Brisa moderada	El viento levanta polvo y hojas de papel. Las pequeñas ramas se agitan
5	29/38	8,0/10,7	Brisa fresca	Los árboles pequeños se balancean. Se originan olas en los estanques
6	39/49	10,8/13,8	Brisa fuerte	Las grandes ramas se agitan. Los hilos eléctricos vibran. Es difícil aguantar un paraguas
7	50/61	13,9/17,1	Viento moderado	Los árboles se agitan. Es desagradable caminar cara al viento
8	62/74	17,2/20,7	Viento fresco	Se rompen las ramas pequeñas. Se camina mal cara al viento
9	75/88	20,8/24,4	Viento fuerte	Se pueden producir ligeros destrozos (caída de cubiertas de chimeneas o de tejas).
10	89/102	24,5/28,4	Viento fortísimo	Se produce en muy contadas ocasiones en el interior de las tierras. Destrozos en los árboles y en los edificios.
11	103/117	28,5/32,6	Tempestad	
12	118/133	32,7/36,9	Huracán	
13	134/149	37,0/41,4		
14	150/166	41,5/46,1		

Tabla de Beaufort.

BIBLIOGRAFIA

AEROMOTORES Y AEROGENERADORES. Guy Cunty. Ed. Marzo 80. Barcelona.

Libro con buena documentación útil a nivel teórico. Trata la meteorología, aeromotores para producción de energía eléctrica y para bombeo. Baterías. Bases para la normalización de los aerogeneradores comercializados.

ACUA CALIENTE SOLAR. MANUAL PRACTICO. Kevin Mc.Cartney. H. Blume Ed.

Libro muy práctico sobre la autoconstrucción de paneles y techos solares para agua caliente y calefacción.

ALTERNATIVAS. Jornadas de Estudio. Junio 78. Pamplona. Ed. Euskal Bidea. Pamplona.

El texto recoge todo lo que se dijo en las conferencias de estas Jornadas. Entre los ponentes están la escuela danesa de Twind, J.V. Zapata, TARA...

AUTOSUFICIENCIA RURAL. J. L. García Cano y J. Vozmediano. Colección Amigos de la Tierra. Ed. Miraguano. Madrid.

Pequeño manual con las bases para una vida autosuficiente. Ideas muy claras, pero con diseños prácticos de muy variable calidad. Trata agricultura biológica y tecnología alternativa.

COBIJO. Lloyd Kahn. H. Blume Ediciones. Madrid.

Compendio gráfico sobre construcción y hábitats alternativos. Recoge fotos de todo el mundo y tiene notas sobre energía eólica.

CÓMO USAR LAS FUENTES DE ENERGIA NATURAL. Carol Hupping Stoner. Ed. Diana. México.

Libro práctico sobre energías alternativas. Buenos diseños de energía hidráulica, producción de gas metano, aprovechamiento de la leña y de la energía solar. Buenas ideas sobre energía eólica y diseño de aerogenerador mejorable. Amplia bibliografía en inglés.

DISEÑO EN CLIMAS CALIDOS. MANUAL PRACTICO. Allan Konya. H. Blume. Ed. Madrid.

Manual muy práctico para diseñar y construir hábitats en climas cálidos. Soluciones tradicionales astutas para superar los rigores climáticos. Amplia bibliografía en inglés.

EL SOL PARA TODOS. Extra monográfico nº2. Ed. Integral. Barcelona.

Descripción detallada de los diferentes sistemas de aprovechar el sol. Buena documentación teórica, pero sin buenos diseños prácticos.

EL PODER DEL VIENTO. Josep Puig. Ed. Ecotopía. Barcelona.

Extensa y completa documentación histórica sobre molinos de viento y aerogeneradores modernos. Descripción de tipos de molinos y sistemas de regulación. Gráficas cartesianas de diferentes perfiles aerodinámicos. Diseños de anemómetro y aerogenerador poco prácticos. Direcciones de fabricantes de máquinas eólicas de todo el mundo.

ENERGIA EOLICA. Juan Ignacio y Sebastián Urquía Lus. Ed. Grupo Ecologista de Tafalla.

Manual práctico para la construcción de molinos de viento a partir de tecnología de reciclaje. Diseños algo primitivos mejorables. Edición agotada.

ENERGIA EOLICA. Desiré Le Gouriere. Ed. Masson. Barcelona.

Teoría, concepción y cálculo de instalaciones eólicas. Descripción a nivel de ingeniero en lenguaje sencillo, de aerogeneradores de potencia media y grande. Buena documentación, pero poco práctica a nivel de autoconstrucción. Precio excesivo.

ENERGIAS LIBRES II. Solar, viento y metano. Ed. Ecotopía. Barcelona.

Artículos con fondo y planteamientos claros. Descripción de tipos de molinos pero sin diseños autoconstruibles. La parte de digestores de metano, clara y muy práctica.

ENERGIA MEDIO AMBIENTE Y EDIFICACION. Philip Steadman. H. Blume. Ed. Barcelona.

Libro completo sobre instalaciones solares. Descripción detallada de todos los sistemas de captación de baja temperatura. Conservación de la energía. Energía eólica, hidráulica, metano y ahorro de agua. Abundante bibliografía en cada apartado, pero sin entrar en construcciones prácticas.

ENERGIE EOLIENNE. Jean Schneider. Ed. de Verbe Libre. Chambéry.

Pequeño folleto para construir un rotor tipo Savonius con regulación de velocidad.

EXPERIENCIAS EDUCATIVAS SOBRE LAS ENERGIAS RENOVABLES EN FORMACION PROFESIONAL. Equipo de Profesores del Instituto de F.P. de Alfaro (La Rioja).

Este trabajo está incluido en el N°3 de las Publicaciones de la Nueva Revista de Enseñanzas Medias (La técnica en la enseñanza), editado por el Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. Recoge las experiencias de alumnos y profesores en la construcción de diversos sistemas para aprovechar energías renovables: tres molinos de viento, un ariete hidráulico, una turbina hidráulica... El trabajo ha ganado el primer premio del concurso nacional "Giner de los Ríos" a la innovación educativa (categoría A), en 1983.

HARNESSING WATER POWER FOR HOME ENERGY. Dermont Mc. Guigan. Garden Way Publishing. Charlotte. Vermont.

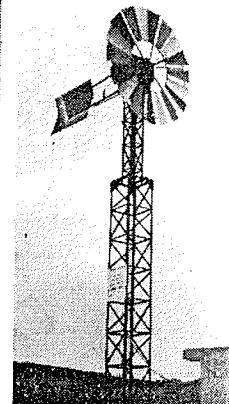
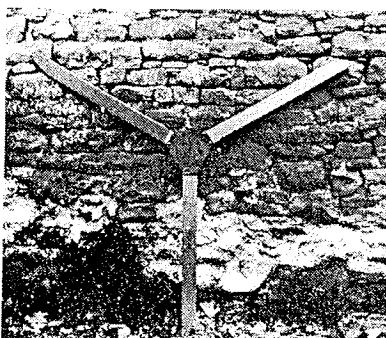
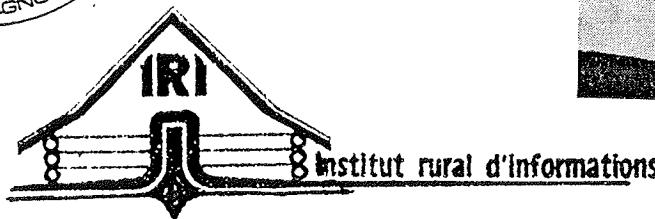
Libro sobre energía hidráulica en el que se describen diversas instalaciones a pequeña escala en funcionamiento. El autor incluye todos los tipos de turbinas y las direcciones de los fabricantes de turbinas a pequeña escala de todo el mundo.

HARNESSING WIND POWER FOR HOME ENERGY. Dermont Mc. Guigan. Garden Way Publishing. Charlotte. Vermont.

Breve descripción de los diferentes tipos de molinos, torres, generadores y baterías. El autor da un repaso a varias instalaciones en funcionamiento a pequeña escala, comparando costes, producción, etc. Lista de fabricantes de todo el mundo y bibliografía comentada.

Direcciones

- Taller Escuela Chantrea. Orvina, 2. Pamplona (Navarra). Construyen aerogeneradores de 200 a 500 w muy fiables, a partir de piezas de reciclaje.
- Taller de carpintería Ignacio Urquía. M. Espronceda 8-1º. Tafalla (Navarra).
- Hélices aerodinámicas de madera bipalas y tripalas.
- Groupe de Travail Eolien. Yves Boulay. L'Hermain Molac 56230 Questembert. France. Venden planos para la construcción de un aerogenerador de 5 m Ø tripala de paso variable de espaldas al viento. Tecnológico pero bueno.
- Les Compagnons d'Eole. 80 Rue de Rixensart. 1301 Bierges. Bélgica. Asociación muy activa que publica un boletín periódico. Muy abiertos a intercambio de experiencias. Coordinan los esfuerzos de muchos autoconstructores.
- IRI Institute Rural d'Informations. "GORODKA". 24200 SARLAT LA CANEDA. FRANCE. Asociación activa que posee abundantes ficheros prácticos sobre energías renovables, técnicas para una vida rural, etc. Editan el "Catalogue des Ressources", con direcciones de interés y publican la revista alternativa ZA.
- Para hacer pedidos de este cuaderno, consultas y sugerencias, dirigirse a: Hnos. Urquía Lus C/M. Espronceda 8 - 1º Tafalla (Navarra).
- Tendrán prioridad las cartas que vengan acompañadas de un sobre franqueado con la dirección.



LA CASA AUTONOMA. Brenda y Robert Vale. H. Blume. Ed. Barcelona.

Clásico de las energías renovables. Trata todas las fuentes de energía con profundidad y pensando siempre en aplicaciones prácticas a pequeña escala para lograr casas autosuficientes.

LA CASA AUTOSUFICIENTE. Brenda y Robert Vale. H. Blume. Ed. Barcelona.

Segundo libro de estos autores, con un carácter mucho más práctico que el anterior. Se describen con detalle todos los trucos de construcción para rehabilitar una casa y hacerla autosuficiente. Muy buenos diseños de colectores solares planos para producción de agua caliente. Diseño de aerogenerador con hélices cretenses de lona no muy fiable.

LA VIDA EN EL CAMPO. John Seymour. H. Blume. Ed. Barcelona.

Libro básico para la autosuficiencia rural con todas las técnicas de agricultura y ganadería biológicas. Pequeño apartado para las energías naturales muy práctico y bastante realista, pero sin diseños.

MANUAL DE AUTOMOVILES. Arias Paz. Ed. Dossat. Madrid.

Muy buen libro para comprender todas las partes de un vehículo y profundizar en el tema. Sumamente práctico, con lenguaje sencillo y bien ilustrado.

MICROCENTRALES HIDRAULIQUES. Jean Barnard et Serge Maucor. Editions Alternatives. París.

Descripción de tipos de turbinas, presas, generadores, etc., a pequeña escala, pero sin ningún diseño práctico.

PRODUIRE SON ENERGIE AVEC LE VENT. Roland Roger. Ed. La Lanterne Besançon.

Se describe la construcción de tres aerogeneradores para producción de electricidad a pequeña escala, empleando alguna pieza de reciclaje, pero con demasiado trabajo de torno y fresa... Diseños tecnológicos, muy complicados y poco duraderos.

SOL Y ARQUITECTURA. Patrick Bardou y Varoujan Arzoumanian. Ed. G. Gi li. Barcelona.

Visión muy clara sobre la energía solar aplicada a la arquitectura. Sistematización de los diferentes modos de aprovechar el sol. Arquitectura solar pasiva muy bien tratada.

Otras publicaciones

- Manual de Servicio Femsa de dinamos, alternadores y otros.
- Wind Power Digest 1977.
- Propaganda de fabricantes de máquinas eólicas: Aerowatt, Bryb Elektro GmbH, Enag, Gemz, Lübing.
- Propaganda de fabricantes de turbinas hidráulicas: Leroy Somer Ossberger.