

75



JUN 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA - ENERGÍA



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN
“APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA EOLICA MEDIANTE
TURBINAS SAVONIUS PARA BOMBEO DE AGUA EN EL POBLADO
DE SAN JERONIMO, REGION JUNIN (2011-2013)”

DR. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO
RESOLUCIÓN RECTORAL N° 342-2012-R
(PERIODO DE EJECUCIÓN DEL 01.04.12 AL 31.03.14)

LIMA – PERU

INDICE

INDICE	2
a) RESUMEN	3
b) INTRODUCCIÓN	4
c) PARTE TEÓRICA O MARCO TEORICO.....	6
ESTUDIO PRELIMINAR DE LA ENERGÍA EÓLICA	6
CALCULO DEL AEROGENERADOR	17
SECUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL GENERADOR.....	36
INTRODUCCIÓN AL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LOS MATERIALES.....	48
<i>TIPO DE BOMBA</i>	53
SELECCIÓN DE BOMBAS	57
CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE	68
MONTAJE DE LA TURBINA.....	76
DETERMINAR LA POTENCIA.....	91
EVALUACION ECONOMICA	98
d) MATERIALES Y METODOS.....	101
e) RESULTADOS.....	104
f) DISCUSION	105
g) REFERENCIALES	110
h) APÉNDICE.....	112
ANEXOS	114



a) **RESUMEN**

La investigación se realizó en el poblado de San Jerónimo, Región Junín, en la cual el diseño propuesto permite el aprovechamiento de la energía eólica para transformarla en energía mecánica mediante turbinas Savonius.

El diseño propuesto permite el bombeo del agua de 2 709,6 litros por hora, que es utilizado para solucionar el problema de la escasez del agua y así poder obtener hasta dos cosechas por año.

Para el diseño del sistema se determinó la localización de la zona, en la rivera del río Mantaro en las proximidades río abajo del puente que une los poblados de San Jerónimo y Orcotuna, donde la velocidad del viento fluctúa entre 3 y 5 m/s (información proporcionada por el Senamhi) a instalarse considerando un nivel de succión de 3m y 4m de impulsión

El sistema de bombeo se consigue mediante la transformación de energía eólica en energía mecánica, en eje de la turbina el que hace girar un engranaje cónico, el cual transmite un movimiento rotacional en forma horizontal que a su vez mueve un círculo que tiene fijado un eje excéntrico que nos proporciona un movimiento vertical que acciona la bomba pistón.

Palabras clave Turbina eólica de eje vertical, Turbina Savonius.

b) INTRODUCCIÓN

El trabajo de Investigación realizado es el aprovechamiento de la energía eólica mediante turbinas Savonius para bombeo de agua en el poblado de san jerónimo, región Junín. El primer capítulo se realiza el estudio preliminar de energía eólica que contiene información básica acerca de la ubicación de la turbina Savonius y la bomba pistón verificando el lugar, en función del cauce del río Mantaro, comodidad para el traslado, y montaje de la turbina

El segundo capítulo estudia los cálculos del aerogenerador que sea lo más fiable posible y se utilizarán el diseño y cálculo de estructuras. Y aerodinámico de los aerogeneradores, después de localizar donde trabajara la bomba y la turbina y el desnivel.

El tercer capítulo La secuencia en la construcción de la turbina primero es seleccionar el espesor de plancha el diámetro de la turbina, y altura, el número de palas es dos. El cuarto capítulo. Estudia el comportamiento mecánico del rotor para determinar a qué tipo de esfuerzo esta sometidos. A tracción, compresión, flexión y torsión. El quinto capítulo. Estudia el Tipo de bombas que existe según su clasificación y funcionamiento en bombas accionadas con energía eléctrica, y bombas caseras, accionada energía alternativa son. Pistón múltiple, de soga, de bicicleta y de golpe de ariete. El sexto capítulo. Selección de bombas de agua para riego de las áreas de cultivos con la provisión de agua en

tanque de almacenamiento para ser utilizado cuando lo necesite. Para la selección se debe considerar cual es el más conveniente desde el punto de vista de construcción y costos, por esta razón se seleccionó una bomba pisto simple por su facilidad en su construcción y bajo costo. El séptimo capítulo. Estudia la Construcción de la torre para la determinar la altura de la torre se debe considerar primero altura de la turbina y la altura de la base es cierto que a mayor altura la energía eólica es mejor pero el costo también es mayor tanto en materia prima como para el montaje. El octavo capítulo estudia el montaje de la turbina si tenemos la estructura cimentada el segundo paso es el montaje de la turbina que consiste en levantar de la turbina sobre la estructura para ser alineado y ensamblar los planchas de fijación en la estructura mediante la unión de empernado. Para el izaje de la turbina primero se debe conocer el peso real de la turbina. El noveno capítulo. Estudia los ensayos para determinar la potencia. La determinar potencia de que proporcionara la turbina solo está en función de la energía eólica, y para determinar la potencia de impulsión es la determinación de la altura de bombeo, y el volumen de bombeo. El décimo capítulo. Estudia la evaluación económica y costo de materia prima de la turbina, costo de los materiales para la bomba de pistón, costo de mano de obra y izaje de la turbina



c) PARTE TEÓRICA O MARCO TEORICO

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA ENERGÍA EÓLICA

El presente trabajo de investigación es dar a conocer las ventajas y desventajas de la *energía eólica*, tanto como sus beneficios medioambientales, aplicaciones y sus diferencias con las demás energías. Así como también, la forma en donde puede ser utilizada este tipo de energía en nuestro territorio y en el resto del mundo. En la generación de energía eléctrica convirtiéndose una de las principales de generación de energía del futuro La energía eólica, es la transformación de la energía del viento en energía mecánica lo sido históricamente aprovechada, pero su uso para la generación de energía eléctrica es más reciente, existiendo aplicaciones de mayor escala desde mediados de la década del 70 en respuesta a la crisis del petróleo y a los impactos ambientales derivados del uso de combustibles fósiles.¹

El viento es energía en movimiento. El ser humano ha utilizado esta energía de diversas maneras a lo largo de su historia: En la actualidad, el viento se usa también para producir electricidad. Al soplar, el viento mueve las aspas de un molino. Esta energía cinética se transforma, mediante un generador, en energía eléctrica.

¹ (Wikipedia)



En algunos países, como Dinamarca y Alemania, existen *granjas eólicas*, en las que cientos de molinos son impulsados por el viento, produciéndose electricidad suficiente para alimentar ciudades completas.

La energía eólica se considera una forma indirecta de energía solar, puesto que el sol, al calentar las masas de aire, produce un incremento de la presión atmosférica y con ello el desplazamiento de estas masas a zonas de menor presión. Así se da origen a los vientos como un resultado de este movimiento, cuya energía cinética puede transformarse en energía útil, tanto mecánica como eléctrica.

Para producir energía eléctrica a partir del viento se requiere un generador eólico. Qué consiste en una turbina eólica cuya energía es proporcional al cubo de la velocidad del viento. Por lo tanto, sólo es de interés cuando el viento es suficientemente fuerte (más de 20 km./hora) y sopla con regularidad. Existen diversos aparatos con diseños y tamaños adecuados para las diferentes necesidades. Algunos son con eje vertical. La mayor parte de los generadores con eje vertical se han empleado para bombear agua y otro tipo de trabajos mecánicos. Los generadores con eje horizontal son los más conocidos.

VENTAJA de utilización de la energía eólica para la generación de electricidad presenta nula la contaminación de incidencia sobre las

características fisicoquímicas del suelo o su erosión, ya que no se produce ningún contaminante que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos o grandes movimientos de tierras.

Al contrario de lo que puede ocurrir con las energías convencionales, la energía eólica *no produce* ningún tipo de alteración sobre los acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos. La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni destruye la capa de ozono, tampoco crea lluvia ácida. No origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes. Cada KW/H de electricidad generada por energía eólica en lugar de carbón, evita:

0,60 Kg. de CO_2 , dióxido de carbono

1,33 gr. de SO_2 , dióxido de azufre 1,67 gr. de NO_x , óxido de nitrógeno.

Fuente: Twenergy y revista Futuro/eólica y solar.

La electricidad producida por un aerogenerador *evita que se quemem diariamente miles de litros de petróleo* en las centrales térmicas. Ese mismo generador produce idéntica cantidad de energía que la obtenida por quemar diariamente 1.000 Kg. de petróleo. Al no quemarse esos Kg. de carbón, se evita la emisión de 4.109 Kg. de CO_2 , lográndose un efecto similar al producido por 200 árboles. Se impide la emisión de 66 Kg. de dióxido de azufre $-\text{SO}_2-$ y de 10 Kg. de óxido de nitrógeno NO_x principales causantes de la lluvia ácida.

La energía eólica es independiente de cualquier política o relación comercial, se obtiene en forma mecánica y por tanto es directamente utilizable. En cuanto a su transformación en electricidad, esta se realiza con un rendimiento excelente y no a través de aparatos termodinámicos con un rendimiento de Carnot (de energía) siempre pequeño. Al finalizar la vida útil de la instalación, el desmantelamiento no deja huellas.

Un Campo de 10 MW:

Evita	28.480 Tn. Al año de CO ₂
Sustituye	2.447 toneladas equivalentes de petróleo
Aporta	Trabajo a 130 personas al año apróx. Durante el diseño y la construcción
Proporciona	Industria y desarrollo de tecnología
Genera	Energía eléctrica para 11.000 familias apróx.

Fuente: Revista trimestral Latinoamericana N° 14, Año 2006.

DESVENTAJAS DE LA ENERGIA EOLICA. Desde el punto de vista estético, la energía eólica produce un *impacto visual* inevitable, ya que por sus características precisa unos emplazamientos que normalmente resultan ser los que más evidencian la presencia de las máquinas (cerros, colinas, litoral). En este sentido, la implantación de la energía eólica a gran escala, puede producir una alteración clara sobre el paisaje, que deberá ser evaluada en función de la situación previa existente en cada localización.

Un impacto negativo es el *ruido* producido por el giro del rotor, pero su efecto no es mas acusado que el generado por una instalación

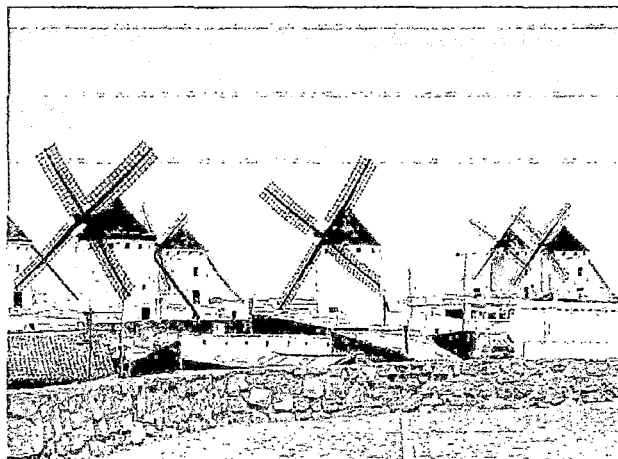
de tipo industrial de similar entidad, y siempre que estemos muy próximos a los molinos.

También ha de tenerse especial cuidado a la hora de seleccionar un parque si en las inmediaciones habitan aves, por el riesgo mortandad al impactar con las palas, aunque existen soluciones al respecto como pintar en colores llamativos las palas, situar los molinos adecuadamente dejando "pasillos" a las aves.

Molino es una máquina que convierte el viento en energía aprovechable. Esta energía procede de la acción de la fuerza del viento sobre unas aspas oblicuas adheridas a un eje común. El eje giratorio puede conectarse a varios tipos de maquinaria para moler grano, bombear agua o generar electricidad. Cuando el eje se conecta a una carga, como una bomba, toma el nombre de molino de viento. Si se usa para generar electricidad se le denomina generador de turbina de viento.

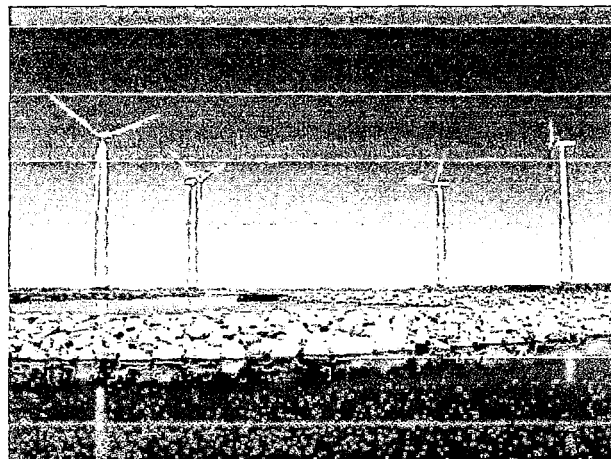
APLICACIONES Y DESARROLLO Además de aplicarse para el riego y moler el grano, los molinos fabricados entre los siglos XIX tenían otras utilidades, como el bombeo de agua en tierras bajo el nivel del mar, aserradores de madera, fábricas de papel, prensado de semillas para obtener aceite, así como para triturar todo tipo de materiales. En el siglo XIX se consiguieron construir unos 9.000 molinos en Holanda.

Fig. 1-1 Turbina Eólica



Fuente: www.google.com.pe/ingres?ingure

Fig. 1-2 Molino de viento



Fuente: www.peruregional.com/2509

LA ENERGÍA EN EL MUNDO RURAL EN DESARROLLO El desarrollo energético del ámbito rural ha de ser considerado como un proceso integrante del desarrollo rural global, tendente a mejorar las condiciones de vida y la productividad de grandes grupos de población, afectados, en general, de un elevado índice de pobreza. Ello es debido a que el uso de la energía está asociado al parámetro básico de la subsistencia: la alimentación.

Todas las etapas de la producción de alimentos requieren aportes energéticos de diversa índole: preparación del terreno, plantación, riego, abono, recolección, transporte, procesado, conservación. Pero también es cierto que cualquier aumento en la calidad de vida, por muy pequeño que sea, también está ligado a un mayor consumo energético. Por tanto, existen dos grandes retos respecto al desarrollo energético de las áreas rurales de los países en desarrollo: Satisfacer las necesidades energéticas básicas relativas a la subsistencia

Proporcionar el aporte energético necesario para lograr un avance efectivo de la calidad de vida. En efecto, el desarrollo energético de las comunidades rurales podría permitir, al mismo tiempo que cubre las necesidades básicas de subsistencia:

- Aumentar la productividad del trabajo
- Proporcionar servicios esenciales como agua potable, iluminación y conservación de alimentos
- Mejorar las condiciones sanitarias, incrementando la salubridad de las viviendas y de las condiciones de trabajo
- Conservar recursos naturales y recuperar aquéllos que se hayan degradado, aplicando tecnologías más eficientes

UTILIZACIÓN DE FUENTES RENOVABLES

Las fuentes de energía tradicionales en el ámbito rural en vías de desarrollo siguen siendo las mismas que hace miles de años: esfuerzo humano, tracción animal, leña y residuos vegetales o animales. Desgraciadamente, en la mayoría de los casos, son las únicas utilizadas, a pesar de que en el medio rural las fuentes de energía renovables (solar, eólica, biomasa e hidráulica) son, con bastante frecuencia, muy abundantes.

El problema radica en que para hacer uso de dichas fuentes de energía es necesario transformarlas en energía útil, lo que implica ciertas manipulaciones que sólo un cierto grado de desarrollo tecnológico puede hacer posible. La energía está disponible, de forma

más o menos concentrada, pero no es aprovechable, ya no sólo para desarrollar actividades generadoras de ingresos, sino ni tan siquiera para satisfacer las necesidades de subsistencia. Es decir, las fuentes renovables de energía están ahí, se manifiestan, se disipan, pero las personas no las captan, ni las transforman, ni las emplean para su propio beneficio.

Fig.1-3 plaza principal de San Jerónimo de Tunan



Fuente: Elaborado por el Autor

Fig. 1-4 Desnivel existente en el Distrito de San Jerónimo de Tunan y el río Mantaro



Fuente: Elaborado por el Autor

Este distrito fue creado por Ley sin número del 5 de octubre de 1854. Donde existen varios talleres artesanales que se dedican a la orfebrería en plata y oro. Los trabajos de los artesanos de San Jerónimo son reconocidos a nivel regional y nacional.

El resto del distrito es eminentemente agrícola, destacando los centros poblados de *La Esperanza*, *Huando* y *2 de Mayo al norte del distrito* y *San Miguel Tambo Anya al sur*.

El distrito de **San Jerónimo de Tunan** es uno de los 28 que conforman la Provincia de Huancayo, ubicada en el Departamento de Junín. Perteneciente a la Región Junín, ubicada a 16 km de la

ciudad de Huancayo, en el Perú. Con una población de 8.216 habitantes mayoritariamente joven (55%), de acuerdo al Censo Nacional IX de Población y IV de Vivienda.

Limita al norte y al oeste con la provincia de Concepción, al este con el distrito de Ingenio y el distrito de Quilcas. Y al sur con el distrito de San Pedro de Saño.

El territorio de este distrito se extiende en 20,99 km² y tiene una altitud de 3.274 metros sobre el nivel del mar.

Clima y agricultura Su clima es templado, seco con días de intenso calor envuelto con un cielo azul, y contrariamente con noches frías entre los meses de abril a setiembre.

Con vientos más fuertes en el mes de agosto, y la época de lluvias es de octubre a marzo, lo cual se aprovecha para la agricultura con sembríos de maíz, papas, quinua.

tarwi, frijoles, arvejas, habas, linaza, y en las zonas altas ocas, mashua, ollucos, cebada, trigo, así como una variedad de hortalizas, entre otros productos. Donde existen varios talleres artesanales que se dedican a la orfebrería en plata y oro.

Los trabajos de los artesanos de San Jerónimo son reconocidos a nivel regional y nacional.

El resto del distrito es eminentemente agrícola, destacando los centros poblados de *La Esperanza*, *Huando* y *2de Mayo* al norte del distrito y *San Miguel Tambo Anya* al sur. Aporte tecnológico de la

investigación: El presente trabajo consiste en realizar el estudio el aprovechamiento de la energía eólica para ser utilizado en mover los alabes de la Turbina en el bombeo de agua para el poblado de San Jerónimo. El que ayudaría a resolver el problema de escasez de agua del distrito de San Jerónimo utilizando el agua del Río Mantaro, para asegurar su cosecha cuando hay sequía y poder realizar dos cosechas por año.



CALCULO DEL AEROGENERADOR

Es conveniente realizar algunas consideraciones importantes antes de plantear la instalación de un sistema eólico aplicado al ámbito agrario.

La cantidad suficiente como para que pueda extraerse energía de él (> 10 km/h), pero no en exceso, ya que se pondría en peligro la integridad del dispositivo de captación (< 80 km/h). Pueden considerarse los siguientes factores generales respecto a las características del viento.

Los lugares más adecuados, con vientos fuertes y constantes, se encuentran a lo largo de las costas, disminuyendo la potencia del viento al aumentar la distancia hacia el interior. Las zonas montañosas son también favorables, ya que la velocidad del viento aumenta con la altura.

Después de realizar el estudio de la utilización de la energía, considere realizar un estudio para la utilización de la energía eólica en San Jerónimo utilizando turbinas y energía eólica que permite bombear el agua desde un desnivel aproximado de 3 m como podemos observar en la figura 1-4 del río Mantaro que proporciona el volumen de agua necesario.²

² (Rapallini)

Bombeadoras de Agua. Una bombeadora de agua es un molino con un alto momento de torsión y de baja velocidad, habitualmente en las regiones rurales de Estados Unidos. Las bombeadoras de agua se emplean sobre todo para drenar agua del subsuelo. Estas máquinas se valen de una pieza rotatoria, cuyo diámetro suele oscilar entre 2 y 5 m, con varias aspas oblicuas que parten de un eje horizontal. La pieza rotatoria se instala encima de una torre lo suficientemente alta como para alcanzar el viento. Una larga veleta en forma de timón enfoca la rueda hacia el viento. La rueda hace rotar los engranajes que activan una bomba de pistón. Cuando los vientos crecen en exceso, unos mecanismos de seguridad inmovilizan de forma automática la pieza rotatoria para impedir daños en el mecanismo

Energía necesaria Para el caso de las bombas eólicas, la potencia necesaria se expresa en $m^4/día$ o kWh /día. Para determinar los $m^4/día$ necesarios se multiplica: el volumen diario necesario ($m^3/día$), por la altura total en metros a que se debe elevar el agua. La vida útil de una bomba de tipo eólico se estima entre 10 y 15 años.

Comparación de costos

La presente comparación de costos es indicativa, y está presentada en forma relativa, con la finalidad de mostrar rangos de valores en que es conveniente cada sistema de bombeo. Se han

tomado como referencia costos medios, para bombes superiores a 20.000 m³/día (equivalente, para un desnivel de 10 metros a un caudal de 23 l/s).

Como se puede ver el costo de los bombes con energía eólica crecen exponencialmente en la medida en que se reduce la velocidad media anual del viento.

Sistema de bombeo	Costo comparado al Bombeo con velocidad media del viento de 6 m/s
Viento 6 m/s (21,6 km/h)	1,00 (base)
Viento 4 m/s (14,4 km/h)	3,60
Viento 3 m/s (10,8 km/h)	8,00
Viento 2 m/s (7,2 km/h)	24,00
Diesel	1,60-2.10
Querosene o gasolina	2,50 - 4.0
Solar	10,00

Fuente: El bombeo eólico – Boletín FAO de Irrigación y Drenaje N° 50 - 1994

VIABILIDAD DE LOS PROYECTOS

Lograr el objetivo de implantar la energía eólica como fuente de energía en una comunidad rural puede ser una labor muy compleja, ya que implica prever y resolver problemas de muy diversa índole. Algunos de los más importantes se esbozan a continuación.

Aspectos técnicos

La implantación de sistema eólico requiere un importante esfuerzo de análisis, diseño y selección en función del contexto. Las principales tecnologías involucradas (captación, almacenamiento, conversión) están bastante desarrolladas, incluso a nivel comercial,

pero es necesaria una cuidadosa elección de los equipos para conseguir una adaptación al entorno, una alta fiabilidad y el mínimo grado de mantenimiento.

Aspectos económicos

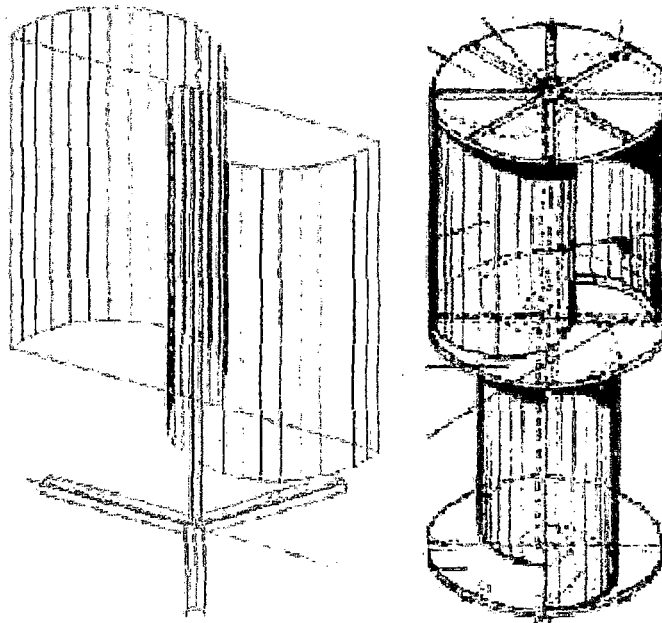
Las inversiones necesarias para implementar sistemas eólicos en el mundo rural no son elevadas. Por tanto, es imprescindible identificar las fuentes de financiación de los proyectos. Por la municipalidad o la Región Junín Por otro lado, la economía de los procesos depender de forma importante de las disponibilidades de productos nacionales, tanto para la construcción de los sistemas como para su mantenimiento.

Aspectos sociales

La utilización de fuentes renovables conlleva una premisa importante: la mejor fuente de energía es el ahorro energético. Es por ello imprescindible que los usuarios finales conozcan el alcance y las limitaciones que tiene la utilización de fuentes renovables.



Fig. 1-5 Detalle del rotor Savonius



Fuente: www.monografia.com/trabajo 82

El diseño de la turbina Savonius de Hans Jasón Thompson fue perfeccionado por diferentes diseñadores con la finalidad de obtener mayor eficiencia utilizando poca velocidad del viento. Esta estructura original ha sido perfeccionada posteriormente por diversos métodos. En primer lugar, la estructura en «S» presenta el inconveniente de que en el interior de la parte cóncava de la pala que recibe el aire se forma una sobrepresión debido al aire que no puede salir. Esta sobrepresión desvía la corriente de aire, disminuyendo la fuerza ejercida sobre el rotor y perjudicando el rendimiento. Para evitarlo se separan las dos palas, dejando un hueco entre ambas por el que pueda existir un flujo de aire y se evite la sobrepresión. Otra mejora se consigue sustituyendo las

palas semicirculares por otras diseñadas de forma que mejore el flujo de aire del que se acaba de hablar. Por último, se puede aumentar el rendimiento aumentando el número de palas del rotor. Las palas empleadas son 3, 4 y 6. Este tipo de rotor ofrece una gran resistencia al aire, por lo que su máximo rendimiento se obtiene a bajas velocidades. Si se quisiera emplearlo en la generación de energía eléctrica, haría falta disponer de un engranaje multiplicador alta relación, lo que disminuye la eficiencia de la transmisión haciendo no rentable el sistema.

El objetivo de este proyecto consiste en el diseño, cálculo y verificación de un Aerogenerador Savonius de eje vertical. Para que el cálculo sea lo más fiable posible se utilizarán diferentes herramientas especializadas en diseño y cálculo de estructuras.

Las que más se van a utilizar son: (*diseño CAD*), (*análisis aerodinámico de aerogeneradores*),

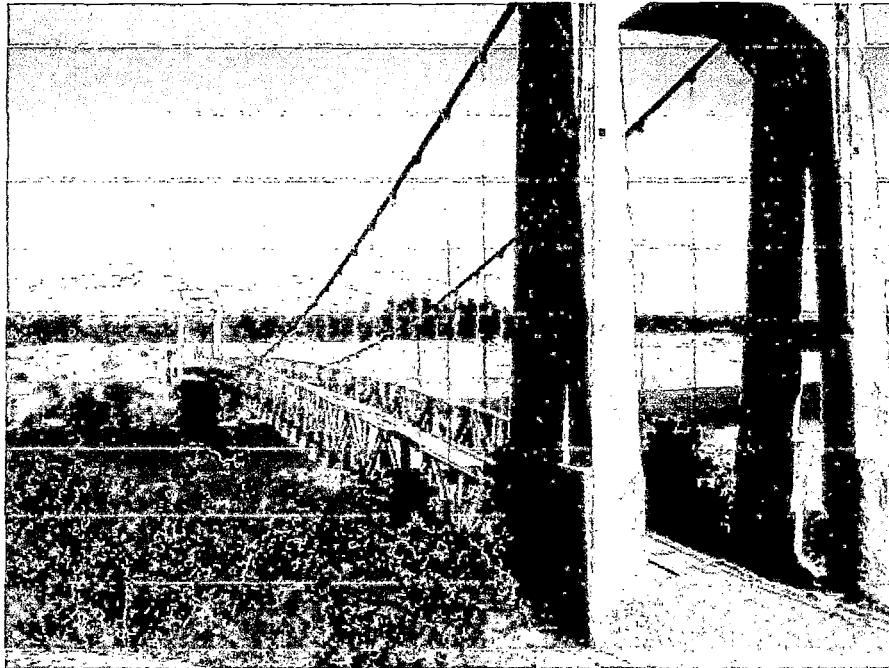
Las Savonius son una de las turbinas más simples. Aerodinámicamente, son dispositivos de arrastre o resistencia que constan de dos o tres palas. Mirando el rotor desde arriba, las palas forman la figura 8 de una S. Debido a la curvatura, las palas experimentan menos resistencia cuando se mueven en contra del viento que a favor de él. Esta diferencia causa que la turbina Savonius gire. Como es un artefacto de arrastre, la Savonius extrae mucho menos de la fuerza del viento que las turbinas de



sustentación con similar tamaño. Por otro lado, no necesitan orientarse en la dirección del viento, soportan mejor las turbulencias y pueden empezar a girar con vientos de baja velocidad. Es una de las turbinas más económicas y más fáciles de usar.

Las turbinas Savonius son usadas para generar electricidad o bombeo de agua, las cuales necesitan pequeñas cantidades de potencia en este diseño el que se quiere es bombear agua del río Mantaro que une San Jerónimo de Tunan y el pueblo de Orcotuna el que observamos en la figura 8 cuyo caudal permanece todo el año y queremos bombear agua para regar áreas de cultivo en tiempo de sequía.

Fig. 2-1 El puente del Río Mantaro que une Orcotuna y San Jerónimo

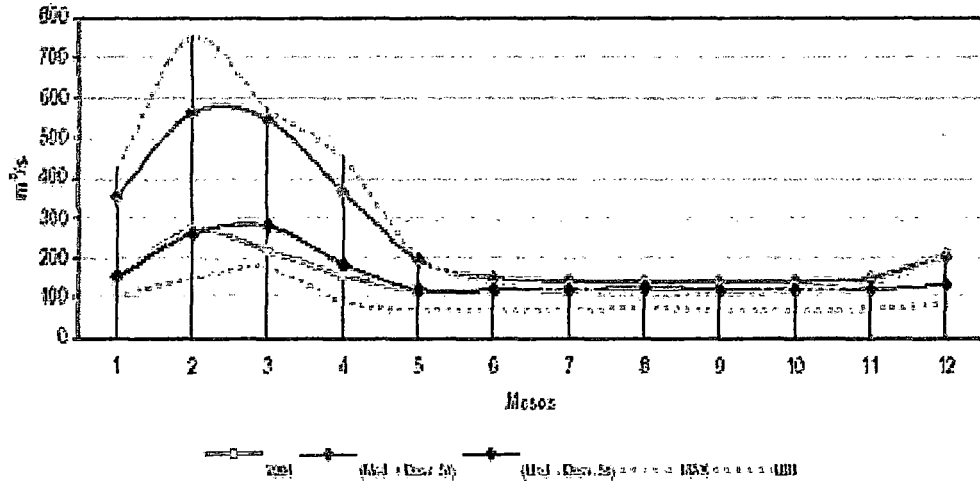


Fuente. Elaborado por el Autor



Cuadro N° 1

CAUDAL PROMEDIO RIO MANTARO (*)
EN LA ESTACIÓN LA MEJORADA 2004



Fuente: Información de 1994 a 2004 de SENAMHI

Fig. 2.2 Caudal del Río Mantaro que une Orcotuna.



Fuente: Elaborado por el Autor

En la figura N° 2.2 podemos observar la fotografía del caudal del río Mantaro del 03 de agosto del 2012, en la figura N° 2.3 podemos observar la extensión de terreno que se cultivaría aprovechando el agua del río Mantaro.

Fig. 2.3 Área de los terrenos sin regadillo de San Jerónimo



Fuente: Elaborado por el Autor

En la Fig. N° 2.4 es una foto de ubicación del lugar estratégico de la turbina Savonius y del tanque de almacenamiento de agua cuando el agua no es utilizada, se aprovechara el desnivel del terreno para que el costo sea mínimo y el desnivel alto donde se hará la base de la turbina. Cerca de la derecha de la persona de esta fotografía

Fig. 2.4 Área de los terrenos de San Jerónimo donde se realizara el montaje



Fuente: Elaborado por el Autor

En la Fig. N° 2.5 el desnivel del río con respecto a la zona que deseamos regar en esta foto podemos observar de 2m de altura para la parte baja y 5m para la parte alta

Fig. 2.5 ubicación del desnivel del río con respecto a la zona que deseamos regar



Fuente: Elaborado por el Autor

Fig. 2.6 ubicación del desnivel del río con respecto a la zona donde estará ubicado la turbina



Fuente: Elaborado por el Autor

VELOCIDAD DEL VIENTO

Para determinar la velocidad del viento obtenemos de las Fuente de **SENAMHI** La **velocidad** del viento superficial varía entre 3 y 5 m/s con 4 a 8%.

Descripción: sistema de bombeo con turbina Savonius

La turbina Savonius de dos palas con torre de base cuadrada con una altura total que oscila entre 4 y 15 metros modelo. Está equipado con potentes bombas de pistón capaces de bombear de 2000 litros/h. (a 10 metros de profundidad) hasta 9.000 litros/hora con un mantenimiento escaso reducido al engrase dos veces al año.

Principales características:

Producción totalmente artesanal garantizando un nivel de fiabilidad muy alto.

Velocidad de arranque muy baja (a partir de unos 3m/s).

Gran producción de amperios. hora en condiciones reales de viento.

Gran calidad en los materiales utilizados para garantizar una vida útil muy larga.

Aerodinámica eficiente y estética.

Aplicaciones más comunes:

Agricultura: extracción de agua de pozos, riego de huertas, frutales por de goteo, llenado y vaciado de estanques y depósitos, desecación de zonas pantanosas con filtraciones continuadas, trasvases de agua en diferentes niveles...

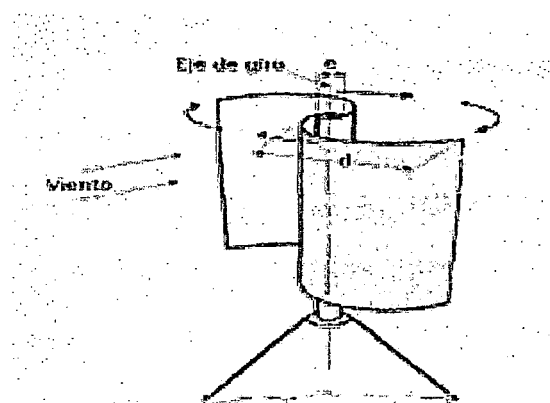
suministro a las granjas, alimentación de abrevaderos...

Poblaciones: suministro de agua potable...

Piscifactorías: llenado y vaciado de lagunas...

DISEÑO AEROGENERADOR SAVONIUS

Fig .2.7 Aerogenerador Savonius



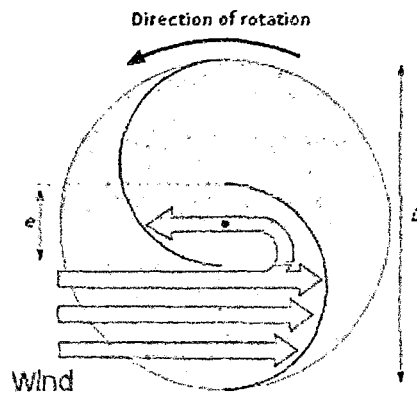
Fuente: congreso.grupossc.com/concurso/2013gonzalo.pdf

El aerogenerador Savonius fue inventado por el finlandés de igual nombre en el año 1924 y patentado en 1929. Se compone de dos semicilindros de igual diámetro, de ejes paralelos acoplados al eje de giro y separados una cierta distancia,

Fig. 2.8 Las fuerzas que ejerce el viento en la parte cóncava y convexa son diferentes, como sabemos, y ello hace que el conjunto gire alrededor de un eje.

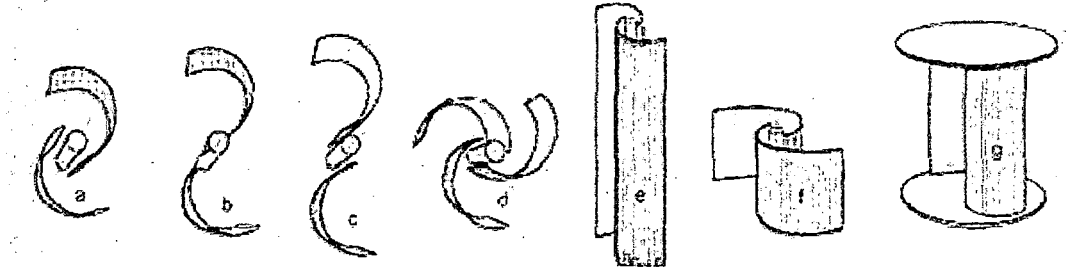
Proporciones

Fig .2.8 Funcionamiento de una turbina Savonius



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/rotor-Savonius

Fig .2.9 Diversas opciones de diseño de un rotor Savonius



Fuente: congreso.grupossc.com/concurso/2013gonzalo.pdf

Aunque originalmente la turbina tenía un espaciado entre las palas que correspondía a $1/3$ del diámetro de una pala, lo más común hoy es utilizar un espaciado de $1/6$ de pala. En otras palabras, la pala se superpone cubriendo $1/6$ del diámetro de la otra (distancia e en la figura de la izquierda). La relación diámetro y altura. Algunos recomiendan que la altura sea el doble del diámetro (total), otros señalan que la eficiencia es mayor a razones $1:4$ o $1:6$.

DISEÑO.- Para diseñar un rotor Savonius hay que conocer de antemano las opciones que pueden existir, que incluyen espaciados entre palas, número de palas, esbeltez y posicionamiento de las mismas y discos laterales que conforman las bases de apoyo, como se indica en las Fig16, presentando diversas opciones; se observa que la e tiene una mayor esbeltez que la f , mientras que la g mejora el rendimiento del rotor a bajas rpm, así como la energía liberada para un determinado campo de velocidades del viento.

DATOS Razón de $e = 1:6 = 25\text{cm}$ siendo e la separación de alavés

$D = 3.3 \text{ m}$

$d = 1.08 \text{ m}$

Altura = 240 cm

$$e = 0.3 \text{ m.}$$

2 palas

$$C_y = 0.3$$

$K = 0.00136$ factor de conversión de La energía del viento

$V = 3.5 \text{ m/s}$ velocidad del viento

$$A = h(2d-e) = 2.40(2 \times 1.05 - 0.30) = 4.32 \text{ m}^2$$

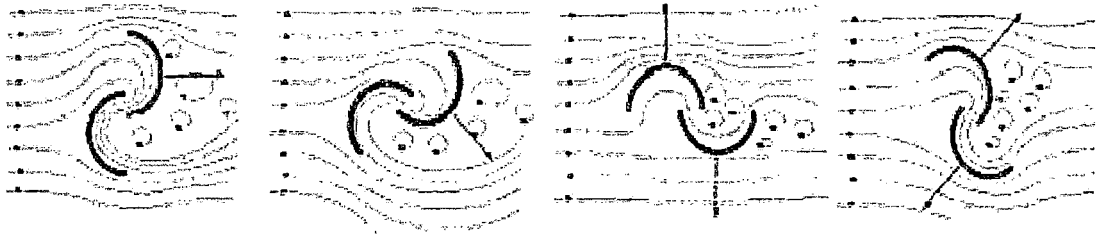
$$u = 3.5/6 = 0.583 \text{ m/s}$$

$$\text{Densidad} = 1.25 \text{ Kg/m}^3$$

Para el rotor Savonius de dos palas o canaletas, el coeficiente de arrastre es aproximadamente la unidad para el curvado cóncavo, y oscila entre 0,12 y 0,25 para la parte opuesta (extradós) a donde sopla el viento. Estos valores no coinciden con los indicados anteriormente debido a la interferencia de las palas, como se observa en la Fig. 2.10, ya que el rotor siempre está sometido a un par aerodinámico suplementario debido a las dos desviaciones sucesivas que experimenta el viento por efecto de las palas, llegando a formar esta desviación un ángulo de 180° , Fig.2.10

Con estos datos se puede calcular fácilmente la fuerza de arrastre, resultante de la diferencia de las fuerzas de arrastre correspondientes a los dos flancos, así como el par motor neto del aparato.

Fig. 2.10.- Líneas de corriente en un rotor Savonius



Fuente: congreso.grupossc.com/concurso/2013 gonzalo.pdf

Hay que tener presente que hay que utilizar la velocidad $(v + u)$ en lugar de $(v - u)$ en la pala que está, en un momento determinado, en la parte en que sopla el viento presentando al mismo su parte cóncava (intradós) y $(v - u)$ en la parte convexa (extradós).

CALCULOS

$$\text{Fuerza de arrastre: } F_{arr} = \frac{1}{2} \rho s ((v + u)^2 - 0.2 (v - u)^2)$$

$$\text{Potencia: } N_{\acute{u}til} = \frac{1}{2} \rho s ((v + u)^2 - 0.2 (v - u)^2) u$$

Para valores de C_y del orden de 0.3 se admite, en primera aproximación, que:

$$N_{\acute{u}til} = \frac{1}{2} \rho s c_y u^3$$

Otra expresión para la potencia útil en función del factor k de conversión de la energía del viento es:

$$N_{\acute{u}til} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \eta k$$

En la que, para v expresada en m/seg. A en m^2 , y $k = 0,00136$, se obtiene la potencia en kW; si los semicilindros tienen un diámetro d , el valor de A es:

$$A = h(2d - e)$$

La potencia alcanza un valor máximo para velocidades u próximas a $(v/6)$.

El rendimiento del rotor viene dado por la gráfica de la Fig. 2.11, para un valor dado del TSR; si el TSR es igual a 0,8 (que se corresponde con la potencia máxima), el valor del rendimiento es del orden de 0,15. Si se supone que las dimensiones del rotor son: altura, $h = 3$ m; diámetro, $d = 0,5$ m, y se desprecia la separación entre semicilindros, el área frontal A es: $A = h \times 2d = 8.64 \text{ m}^2$

Fig.2.11 Rendimiento del rotor Savonius

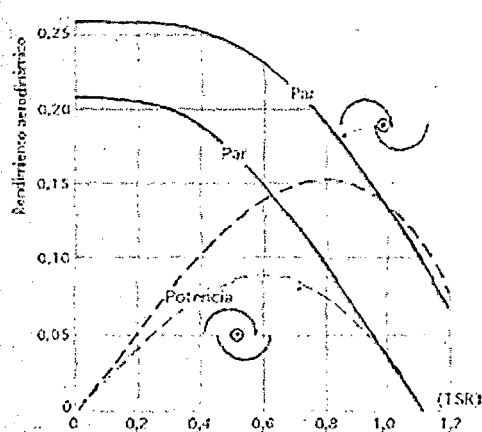
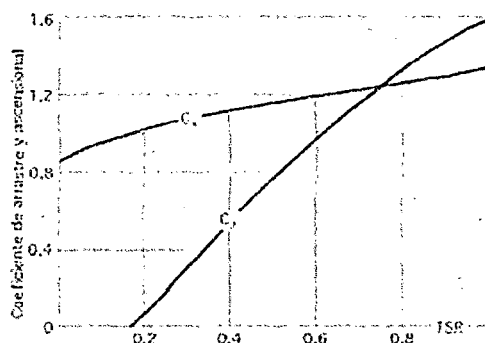


Fig 2.12 Coeficientes del rotor Savonius



Fuente: Scarpin Gustavo: informe Técnico N° 1a4- PFIP Iar-06

y la potencia útil generada: $N_{\text{útil}} = 1/2 \times 1.25 \times 3.5^2 \times 7.92 \times 0.15 = 31.864 \text{ kW}$

Las fuerzas de sustentación y de arrastre aparecen por efecto Magnus; el rotor frena al viento por una parte (sotavento), mientras lo acelera por la contraria (barlovento).

La fuerza ascensional empuja lateralmente al rotor mientras que la fuerza de arrastre lo empuja hacia abajo. Estas fuerzas se pueden expresar en la forma:

$$F_{asc} = 1,08 C_y \rho A v^2$$

$$F_{arr} = 1,08 C_x \rho A v^2$$

Obteniéndose los coeficientes C_x y C_y a partir de la Fig. 2.11, en función del TSR.

Para un TSR igual a 0,8 se obtiene, ($C_y = 1,4$) y ($C_x = 1,2$), por lo que suponiendo una velocidad del viento $v=10$ m/seg. Se tiene:

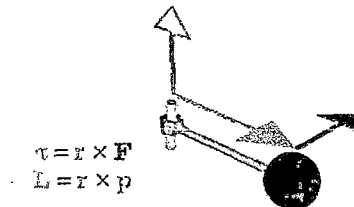
$$(3) F_{asc} = 1.08 \times 1.4 \times 1.25 \times 7.92 \times 3.5^2 = 183.36$$

$$(4) F_{arr} = 1.08 \times 1.2 \times 1.25 \times 7.92 \times 3.5^2 = 157.172 \text{ y la fuerza total:}$$

$$F_{total} = 247.64 \text{ kg.}$$

$$\text{Torque} = 247.64 \text{ kg.} \times 0.6\text{m} = 148.58 \text{ N-m}$$

Fig.2.13 representación de torque



Fuente: Elaborado por el Autor

Que es la carga total que tiene que absorber el soporte de la estructura.

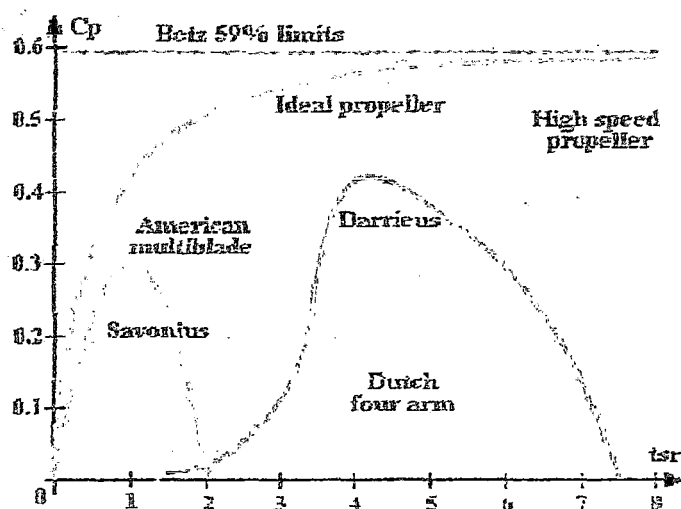
[Firma manuscrita]

REGULACIÓN.- Por lo que respecta a la regulación sabemos que para un rotor de palas se utilizan formas de orientación y gobierno que actúan en el sentido de preservar a la máquina de la acción del viento para no encontrarse bajo estas fuerzas.

Cuando el rotor Savonius se embala es muy difícil de gobernar; si para disminuir la velocidad de rotación se le aplica un freno, el par ejercido sobre el rotor aumenta y puede llegar a averiarle, por lo que este sistema de frenado no es el adecuado.

Si las palas (canaletas) se mueven de forma que el rotor Savonius se convierta en un cilindro, la superficie resultante, cilíndrica, no estaría en condiciones de realizar un trabajo y, por lo tanto, ésta es la forma más usual de regulación en este tipo de rotores; en esta situación, por lo tanto, dejaría de comportarse como tal máquina eólica.

Fig.2.14 Cp vs. TSR



Fuente: Scarpin Gustavo: informe Técnico N° 1a4- PFIP lar-06

SECUENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL GENERADOR

Se debe recordar que, el calentamiento global y la escasez del petróleo nos obligarán a buscar energías de la naturaleza.

Este breve investigación dará una idea de cómo se puede construir un aerogenerador con uno (o dos) cilindros de acero de 200 litros, de esos que se utilizan para transportar petróleo que sería la forma más fácil de construir

Esta sencilla máquina se llama "generador Savonius", en honor a su inventor.

Su potencia calculada es de 31.83 kW, pero es una máquina, es económica y relativamente fácil de construir. Otra gran ventaja es que al tener el eje vertical, la dirección del viento no importa.

Debemos recordar que las unidades utilizadas son:

P es la potencia expresada en **vatios [W]**

D es el diámetro del rotor en **metros [m]**

v es la velocidad del viento en **metros por segundo [m/s]**.

Lo primero que salta a la vista es que la potencia aumenta con el cubo de la velocidad del viento, o, expresado de otro modo, "a más viento, **mucha más energía**".³

Velocidad de giro de una eólica

³ (Lopez)



La velocidad de giro de una eólica se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$n = (60 \cdot \lambda \cdot v) / (\pi \cdot D)$$

n es el número de revoluciones por minuto [rpm]

El factor λ se llama velocidad específica del rotor eólico y depende de la anchura y del ángulo de calado de las palas. Puede tener un valor nominal comprendido entre aprox. 1 y 14. En el rotor Savonius que vamos a construir, este factor tiene un valor comprendido entre 0,9 y 1,1.

v es la velocidad del viento en **metros por segundo [m/s]**. es de 3.5m/s

D es el diámetro de la eólica en metros [m] es de 3.30m

En un aerogenerador moderno de 20 metros de diámetro (los que se utilizan en los controvertidos parques eólicos), este factor de velocidad es del orden de 11.

Calculemos con esta fórmula su velocidad de giro bajo un viento de 3.5 m/s

$n = (60 \cdot 11 \cdot 3.5) / (\pi \cdot 3.06) = 240.37$ rpm como mínimo considerando la velocidad del viento el mínimo en esta zona la velocidad del viento llega a 7m/s con el tendríamos 445.6 rpm.

Reglas generales:

a más área, mayor velocidad de giro

un mayor número de aspas o palas no aumenta necesariamente la velocidad de giro, pero aumenta el rendimiento del rotor eólico.

Secuencia de la *Construcción del generador Savonius* Antes

de realizar la construcción se debe tener las siguientes reflexiones para estar seguro del resultado a obtener:

Desventajas y Ventajas del Savonius Desventajas del tipo Savonius:

Dependencia del recurso eólico.

El Savonius Tradicional tiene una baja eficiencia en el aprovechamiento del recurso eólico.

Desventajas y Ventajas del Savonius Ventajas del tipo Savonius:

Eje vertical – No requieren de un sistema de orientación al viento.

Acepta mucho mejor los vientos turbulentos que las turbinas que funcionan por sustentación.

Se frenan automáticamente al llegar a cierta velocidad límite (no se requiere sistema de freno).

Costo comparativamente bajo.

Requieren bajo mantenimiento.

DATOS CORREGIDOS A UTILIZAR EN LA CONSTRUCCIÓN

La altura de eje oscila entre 4 a 15 m

$e = 1/6$ del diámetro = 0.5m

Relación de diámetro y altura = $1:6 = 1.25m$



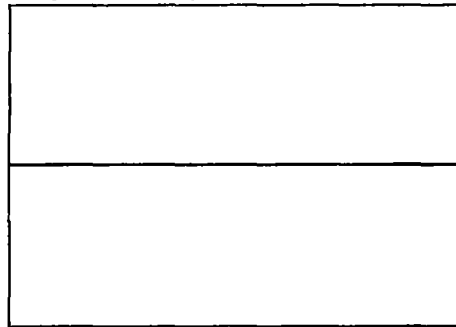
Diámetro = 3m

Altura = 2.40

Numero de palas = 2

Fase 1 Construcción del prototipo

fig.3.1 unión de planchas de 2.40 m x 1.20 m



Fuente: Elaborado por el Autor

Fase 1.- Desarrollo de la fabricación de las palas

PASOS A SEGUIR

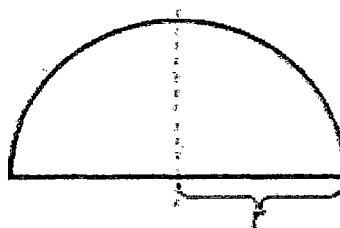
Se utilizara 2 planchas de 2.40m x 1.20m 1/16 de espesor por cada pala

Paso 1.- La unión de las dos planchas se realizara por soldeo con MIG-MAG

Paso 2.- esmerilar el excedente de soldadura a ras de la plancha

Paso 3.- proceso de rolado con un radio de 1.50m

Fig.3.2 rolado de las planchas unidas



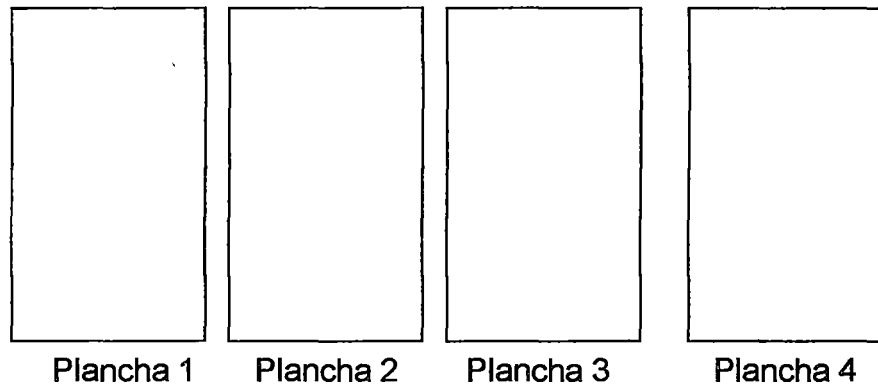
Fuente: Elaborado por el Autor



Paso 4.- realizar los pasos 1, 2, y 3 para la segunda pala

Paso 5.- soldar 4 planchas para cada uno de los círculos de la base.

Fig.3.3 unión de las planchas unidas



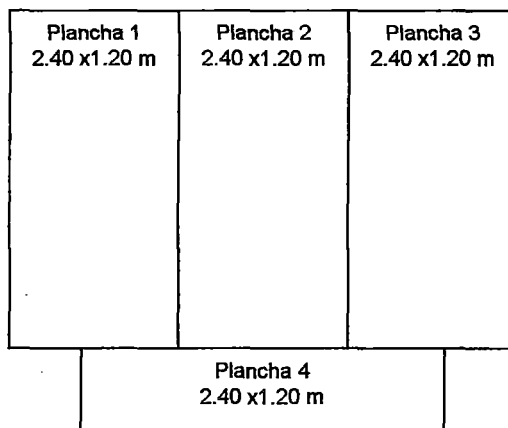
Fuente: Elaborado por el Autor

Paso 6.- soldar la plancha 1 con la plancha 2 los 2.40 m

Paso 7.- la plancha 1 y 2 unidas con la plancha 3 los 2.40 m

Paso 8.- las 3 plancha unidas con la plancha 4 los 2.40 m

Fig.3.4 unión de las planchas unidas

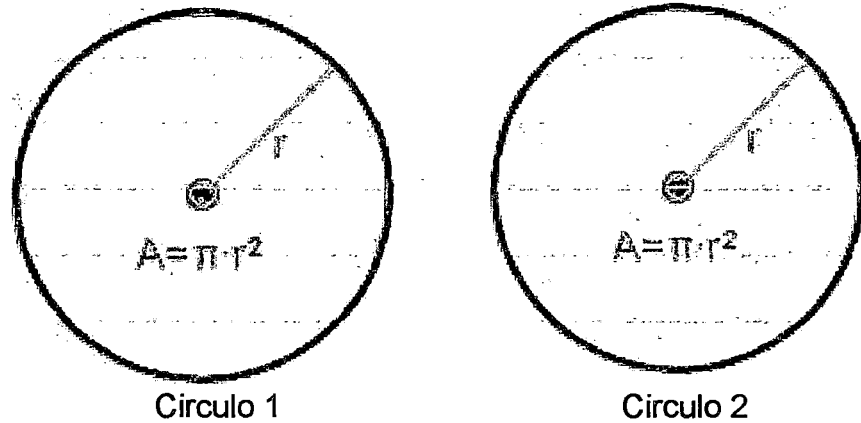


Fuente: Elaborado por el Autor

Paso 9.- trazar sobre las 4 plancha soldadas el circulo de 3 m de diámetro.

Paso 10.- cortar el circulo

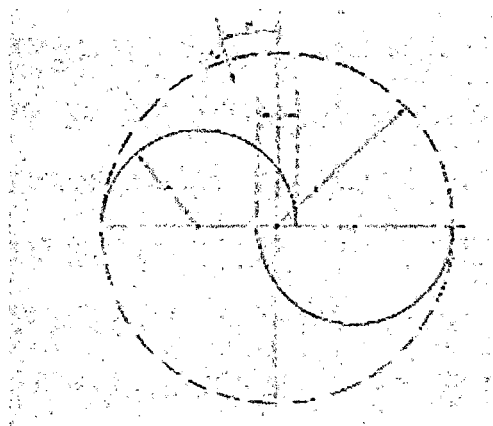
Fig.3.5 trazado en las planchas unidas



Fuente: Elaborado por el Autor

Paso 11.- realizar el trazo sobre el circulo cortado en ambos circulo

Fig.3.6 separación de las planchas roladas

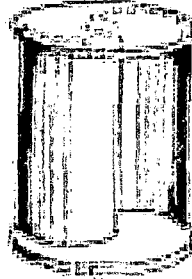


Fuente: Elaborado por el Autor

Paso 12.- soldar las dos palas sobre el trazo del circulo 1

Paso 13.- soldar las dos palas sobre el trazo del círculo 2

Fig.3.7 proceso de soldeo de las planchas a la base roladas



Fuente: Elaborado por el Autor

Fase 2.- Desarrollo del sistema eléctrico y de control electrónico necesarios para la recopilación de datos y almacenamiento de energía.

Fase 3.- Medición y análisis de los datos. Datos obtenidos de las pruebas para generar información necesaria para caracterizar a este aerogenerador. Además servirán de referencia para investigaciones y proyectos futuros.

Fase 4.- Analizar la factibilidad de instalar aerogeneradores y/o aerobombas con el sistema Savonius

Aerogeneradores de Eje Horizontal x Factores de Diseño

La siguiente imagen te dará una idea de la construcción y el funcionamiento de un generador Savonius de varios alabes.

Fig.3.8 prototipo de una turbina Savonius



Fuente: <https://www.google.com.pe/url?sa>

Descripción

Las dos palas se pueden fijar mediante el sistema de soldeo

El eje del rotor se soldará a estas barras. Debido a la gran resistencia que este rotor ofrece al viento, es conveniente utilizar cojinetes en ambos extremos del eje. Estos cojinetes se fijarán a un marco de acero robusto, que deberá tener la suficiente anchura para dar cabida al rotor, a la polea de transmisión y el alternador o dínamo (generador eléctrico). El marco deberá anclarse sólidamente a una base lo más elevada posible (columnas, torreta), en un lugar donde el viento pueda circular libremente (a cierta distancia de la casa o de otros obstáculos (muros, árboles etc.)). Los pequeños montículos o elevaciones del terreno siempre ofrecen mejores condiciones para el viento. No es conveniente montar el rotor Savonius sobre un muro, ya que éste disturbará la libre circulación del viento.

Las dos mitades del barril deberán fijarse a las mencionadas barras dejando una ranura o espacio entre ellas (distancia e en el dibujo). Para un barril estándar (altura $H = 90 \text{ cm}$, diámetro $d = 57 \text{ cm}$, aproximadamente), la ranura deberá tener una anchura de $e = 10 \text{ cm}$. (para otros rotores Savonius separación óptimo = $d/6$) (Esta ranura es bastante importante, ya que a través de ella puede pasar el aire, aumentando así el rendimiento de rotor).

Utilizo los datos y gráficos de un estudio realizado para una turbina Savonius fabricado con un cilindro de 200 litros de petróleo para tener como referencia los resultados obtenidos.

La siguiente tabla muestra la potencia y la velocidad de giros aproximados que nuestro generador Savonius tendrá en función de la velocidad del viento:

Potencia máxima [W] Velocidad del viento [m/s]

Tabla 3-1 Potencia máxima de un aerogenerador Savonius construido con 1 o 2 palas

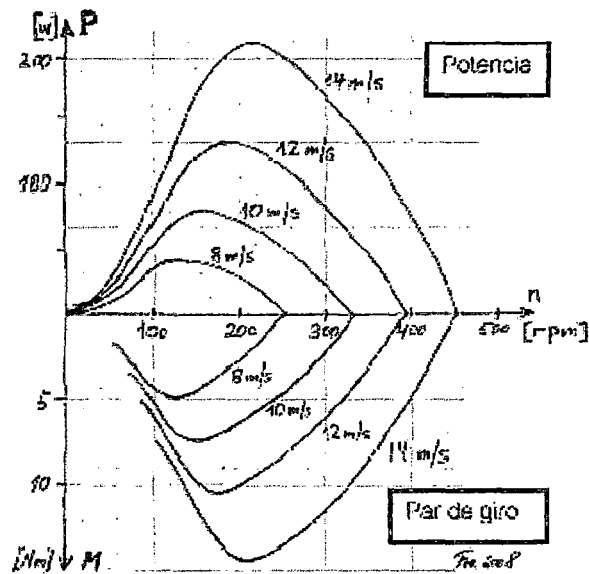
Velocidad del viento [m/s]	Potencia máxima [W]		Velocidad de giro óptima [rpm] ⁴
	1 barril	2 barriles	
5 (= 18 km/h)	10	20	75
7 (= 25,2 km/h)	27	54	105
10 (= 36 km/h)	80	160	150
12 (= 43,2 km/h)	136	276	180
14 (= 50,4 km/h)	220	440	210
16 (= 57,6 km/h)	327	654	240
20 (= 72 km/h)	640	1280	300

Fuente: Albert Betz físico Alemán Investigador aerodinámico

La siguiente figura muestra las curvas características de un rotor Savonius en función de su velocidad de giro para cuatro

velocidades del viento (8, 10, 12 y 14 m/s). Las curvas superiores corresponden a la potencia y las inferiores al par de giro desarrolladas por el rotor.

Fig. 3.9 Curvas características de un rotor Savonius



Fuente Scarpin Gustavo Humberto Ing. mecánico Aeronáutico

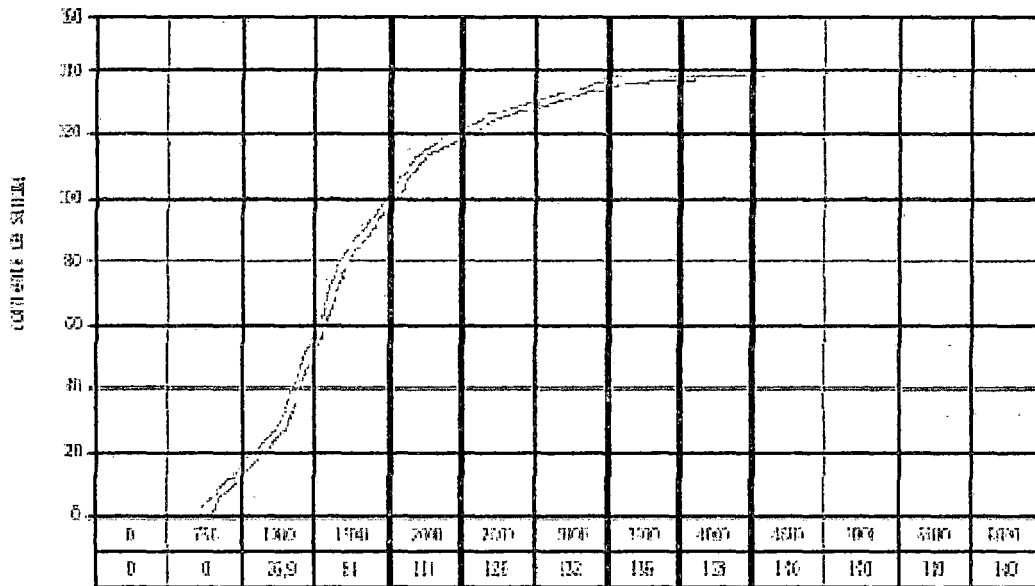
Factor de multiplicación

Antes de empezar, decir que un alternador de coche no es la mejor elección para un aerogenerador. El rendimiento de estas máquinas es pésimo (fruto del bajo precio del petróleo de antaño): no suele pasar del 50%. Sin embargo, la ventaja es que son robustos, baratos y fáciles de conseguir. Si no necesitamos urgentemente un mayor rendimiento de nuestro aerogenerador, podemos empezar con un alternador de coche.

Para que un alternador de coche empiece a suministrar amperios, su velocidad de giro debe ser bastante elevada (mínimo aprox. 750 rpm). Como hemos visto más arriba, el rotor gira a bastante menos velocidad, de modo que tendremos que multiplicarla. El método más simple y económico es utilizar dos poleas de diferente diámetro y una correa de transmisión (ver dibujo). El alternador de coche ya lleva su correspondiente polea, cuyo diámetro generalmente oscila entre 4 y 8 cm. A continuación, la característica corriente versus velocidad de giro de un alternador de coche:

Fig. 3-10 Característica corriente-velocidad de giro de un alternador de coche

Curva del alternador tomando como ejemplo el 12V/130A



Fuente Scarpin Gustavo Humberto Ing. mecánico Aeronáutico

Vemos que el alternador empieza a suministrar corriente a aprox. 750 rpm. A unos 1000 rpm, la corriente es de aprox. 27 amperios. Si la tensión de carga es de 14 voltios, la potencia suministrada por el alternador a 1000 rpm será aproximadamente $14 \text{ V} \cdot 27 \text{ A} = 378 \text{ W}$: De modo que entre 750 y 1000 rpm, la corriente aumenta de modo prácticamente lineal. A continuación, la curva de potencia del alternador contemplado:

Traslademos ahora esta curva al campo de características del rotor Savonius.



INTRODUCCIÓN AL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LOS MATERIALES

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se consideran las diferentes propiedades mecánicas de los materiales así como las pruebas que se les realizan para saber la resistencia de ciertas de sus propiedades si la turbina Savonius son de grandes dimensiones.

ENSAYOS DE MATERIALES

Se les llama así a todas las pruebas cuyo fin es determinar las propiedades mecánicas de un material.

Estos pueden ser de dos tipos:

Ensayos destructivos: Son el ensayo a tracción del que se obtiene la curva de comportamiento del material, el de compresión, y torsión, para caracterizar mecánicamente el sólido.

Ensayos no destructivos: Son los ultrasonidos, para encontrar grietas profundas, el ensayo con corrientes, para medir a través de las corrientes inducidas el espesor de la pintura en una superficie, y el de campo magnético, que permite a simple vista encontrar grietas superficiales muy pequeñas ultra sonido.⁴

⁴ (Instrumento)

TRACCIÓN

Se le denomina tracción al esfuerzo al que se somete un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

Las tensiones que tienen cualquier sección perpendicular a dichas fuerzas: son normales a esa sección, son de sentidos opuestos a las fuerzas que intentan alargar el cuerpo.

ENSAYO DE TRACCIÓN

Consiste en someter a una probeta normalizada realizada con dicho material a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta.

COMPRESIÓN

Es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección.

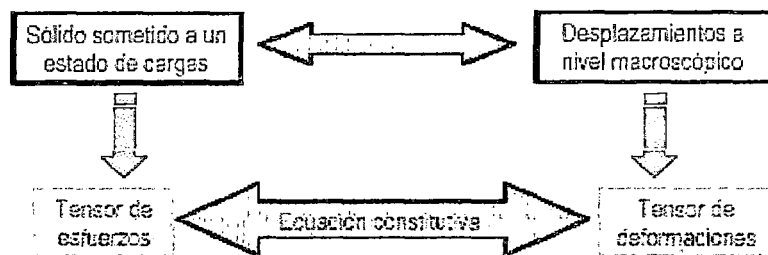
El esfuerzo de compresión puede caracterizarse más simplemente como la fuerza que actúa sobre el material de dicho cuerpo, a través de una sección transversal al eje baricéntrico, lo que tiene el efecto de acortar la pieza en la dirección de eje



baricéntrico: Los ensayos practicados para medir el esfuerzo de compresión son contrarios a los aplicados al de tracción.

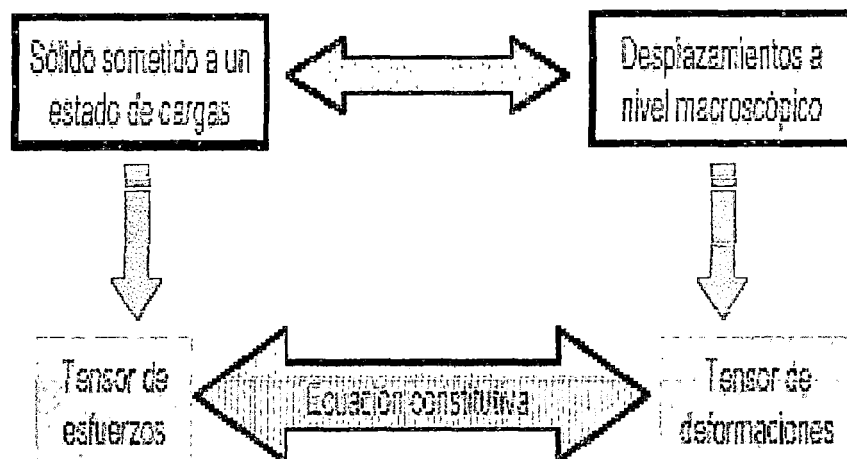
COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MATERIALES

Esfuerzos y deformaciones



Esfuerzo y deformación son magnitudes tensoriales.

Comportamiento uniaxial \Rightarrow Esfuerzos y deformaciones equivalentes.



Fuente: Master en Automoción UVA Fundación CIDAUT

Curvas esfuerzo – deformación

Fig.4.1 esfuerzo a tracción

Magnitudes lagrangianas o ingenieriles:

Se calculan a partir de los valores iniciales del área de la sección y la longitud calibrada de la probeta:

$$\sigma_{eng} = F / A_0 \qquad \varepsilon_{eng} = \Delta L / L_0$$

Magnitudes eulerianas, actuales o reales:

Se calculan a partir de los valores actualizados del área de la sección y la longitud calibrada de la probeta:

$$\sigma_{real} = F / A_{real} \qquad \varepsilon_{real} = \ln (L / L_0)$$



Fuente: Master en Automoción
UVA Fundación CIDAUT

Curvas esfuerzo – deformación

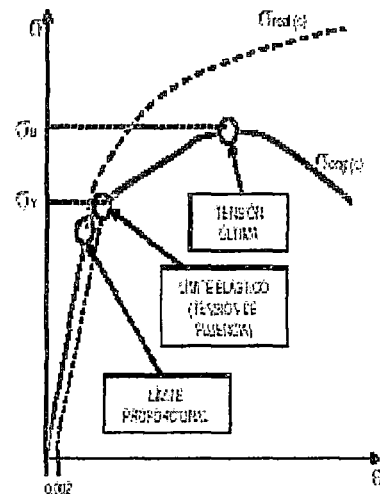
- Comportamiento elástico lineal: Los límites proporcional y elástico prácticamente coinciden.

Fig.4.2 curva esfuerzo-deformación

- Comportamiento elástico no lineal: No existe tramo lineal, o bien el límite proporcional queda por debajo del límite elástico.

- Endurecimiento por deformación: El material se deforma plásticamente mientras la fuerza de tracción se incrementa.

- Formación de cuello (necking): Se produce una deformación muy localizada en la muestra que conduce a su rotura.



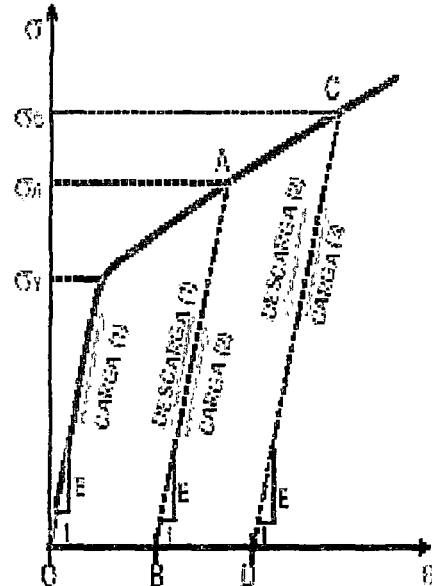
Fuente: Master en Automoción UVA
Fundación CIDAUT

[Firma manuscrita]

Fig.4.3 curva esfuerzo-deformación por endurecimiento

Curvas esfuerzos – deformación

- Endurecimiento por deformación
En el primer ciclo de carga el material llega hasta el punto A, descargándose a lo largo de la línea AB con una pendiente igual a la del módulo clásico (E). **El segundo ciclo de carga** se inicia con una deformación permanente OB, y se realiza a lo largo de la línea BA. Hasta el punto A el comportamiento es



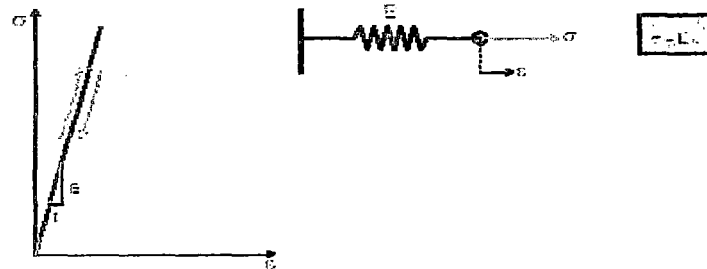
Fuente: Master en Automoción UVA
 Fundación CIDAUT

elástico lineal. Se llega al punto C y descarga a lo largo de CD. **El tercer ciclo de carga** se realiza a lo largo de la línea DC y es elástico lineal hasta C.

Modelización del comportamiento elastoplástico

El comportamiento elástico lineal viene representado por un resorte con una constante de rigidez igual a E. La carga y la descarga se producen a lo largo de la misma línea. El proceso es conservativo, no existe disipación de energía.

Fig.4.4 Modelización del comportamiento elastoplástico



Fuente: Master en Automoción UVA Fundación CIDAUT

[Handwritten signature]

TIPO DE BOMBA

Tipo de bombas existe una variedad de bombas de acuerdo a las necesidades y al uso.

Su clasificación según su Funcionamiento.

1.- Bombas accionadas con energía eléctrica

- Tipo voluta.
- Turbinas.
- Vertical.
- Horizontal. Impulsor.
- De desplazamiento positivas.
- Diafragma.
- Émbolo.
- Rotatorias.
- Lobulares
- Centrifugas

2.- Bombas caseras. Accionada energía alternativa

- Pistón.
- Pistón múltiple.
- De soga.
- De bicicleta
- De golpe de ariete



Un equipo de bombeo es un transformador de energía, mecánica que puede proceder de un motor eléctrico, térmico, etc. Y la convierte en energía, que un fluido adquiere en forma de presión, de posición y de velocidad.

Así se tendrán bombas que funcionen para cambiar la posición de un cierto fluido. Por ejemplo la bomba de pozo profundo, que adiciona energía para que el agua del sub-suelo se eleve a la superficie.

Normalmente un generador hidráulico (bomba) es accionado por un motor eléctrico, térmico, etc. mientras que un motor hidráulico (turbina) acciona un generador eléctrico.⁵

Tratándose de fluidos compresibles el generador suele llamarse compresor y el motor puede ser una turbina de aire, gas o simplemente un motor térmico.

Esta clasificación toma en cuenta la forma cómo el fluido se desplaza dentro de los elementos de la bomba, así para aquellos en los que el fluido se desplaza a presión dentro de una carcasa

⁵ (Rodollar)



cerrada, como resultados del movimiento suavizada de un pistón o embolo, se le denomina "bombas de desplazamiento positivo", mientras que las bombas en las cuales el fluido es desplazado por el movimiento circular de uno o varios impulsores provistos de alabe, se les denomina "Bombas Centrifugas" y es en el presente trabajo a estas últimas a las que se hará referencia.

Clasificadas según el sistema donde funcionarán o la forma física de ella. Para la primera clasificación que es conocer el sistema donde la bomba tendrá su funcionamiento.

Consiste en saber si la bomba succionara del recipiente y con alturas variables o si la bomba se instalará en un sumidero o en una fosa. Así mismo en necesario el líquido que la bomba manejará : si con volátiles, viscosos, calientes o pastas aguadas, que así se manejará el concepto de densidad y partículas que la bomba pueda impulsar.

Respecto a la forma física de la bomba se debe tener en cuenta que existen bombas de eje horizontal o vertical, ambas de empujes centros o de desplazamiento positivo, baja o alta velocidad, también la especificación de los materiales deben ser compatibles con los líquidos que se bombearán.



Una práctica común es definir la capacidad de una bomba con el número adimensional llamado velocidad específica, que se describe posteriormente que es función del número de revoluciones a las que giren sus participantes rotatorias, de la siguiente forma se puede ser de alta o baja velocidad.

Cuadro 5.1 Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
Bajo costo de inversión, operación y mantenimiento. Requerimientos de Operación y mantenimiento reducidos. No requiere operador especializado. Baja o nula contaminación	Por su origen el agua puede contener un alto contenido de sales disueltas.

SELECCIÓN DE BOMBAS

Bombeo de agua para riego de las áreas de Cultivos. Todos los cultivos necesitan nutrientes, agua, aire y luz solar para crecer. El equilibrio adecuado entre ellos contribuye al éxito de la cosecha, puede ayudarle con la provisión de agua donde y cuando lo necesite.

Confiar en las precipitaciones naturales es quizás la forma más sencilla de llevar el agua a los cultivos. No obstante, cuando se necesita más agua, el riego es la solución perfecta para cubrir las necesidades.

Un factor importante a tener en cuenta es que la cantidad de agua de riego necesaria depende de tres elementos principales: la cantidad de agua presente de forma natural (agua de la lluvia) la cantidad de agua necesaria para el cultivo las condiciones climáticas.

Todos estos puntos se tratan en este capítulo. La combinación adecuada de los mismos es una de las claves para que el funcionamiento del sistema de riego sea efectivo y eficiente.

El riego puede aumentar la producción notablemente, pero consume mucho más agua.⁶

⁶ (Flores)

Producción de cereales (kg/ha) variedades de cosechas regadas de alto rendimiento, grandes entradas Cosechas regadas, entradas bajas Cosechas con agua de lluvia, entradas bajas Cosechas con aguas pluviales, entradas

La cantidad de agua de riego necesaria depende de la cantidad anual de agua de lluvia y de su distribución. Existen varias divisiones del clima relacionadas con la cantidad de lluvia.

Húmedo: más de 1.200 mm de lluvia anual. Esta cantidad cubre las necesidades de agua de muchos cultivos. El riego no suele ser necesario, pero la producción puede aumentar notablemente en algunos años.

Subhúmedo y semiárido: entre 400 y 1.200 mm de lluvia anual. Esta cantidad no es suficiente para muchos cultivos. El riego aumenta la producción anual, permitiendo también la producción en la época seca.

Semiárido, árido y desiertos: menos de 400 mm de lluvia anual. El riego es indispensable.

La temporada de sequía, debe equipar el canal de entrada con un pozo de inyección, cuando los niveles del río se reducen, la bomba sumergible en el pozo de inyección.

Reducción del nivel de agua por otros usuarios (suministro público de agua).



Si comparte su fuente de agua con otros usuarios (como un sistema municipal).

Construya instalaciones de almacenamiento como un tanque o una sala subterránea.

Destrucción del equipamiento por inundación Si existe riesgo de inundaciones, debe instalar bombas sumergibles en lugar de bombas de motor en seco. Las superestructuras para pozos como las que se

Este capítulo contiene información básica acerca de las bombas utilizadas habitualmente para sistemas de riego. Se tendrá en cuenta que estas bombas representan únicamente una pequeña fracción de la cartera de productos.

No obstante, antes de realizar su selección final le recomendamos que consulte siempre las características de la bombas según los cálculos realizados o que contacte con su representante local para recibir información detallada del producto y sus aplicaciones.

Afortunadamente, la selección de una bomba no es tan complicada como

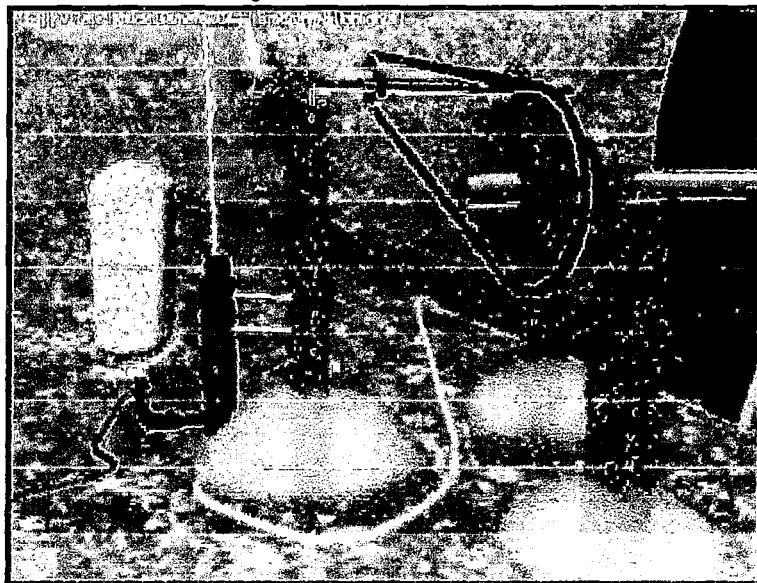
Sin embargo, para elegir la bomba correcta hay que tener en cuenta algunos factores. Antes de elegir su bomba debería considerar los parámetros que se relacionan a continuación.

Bomba de ariete



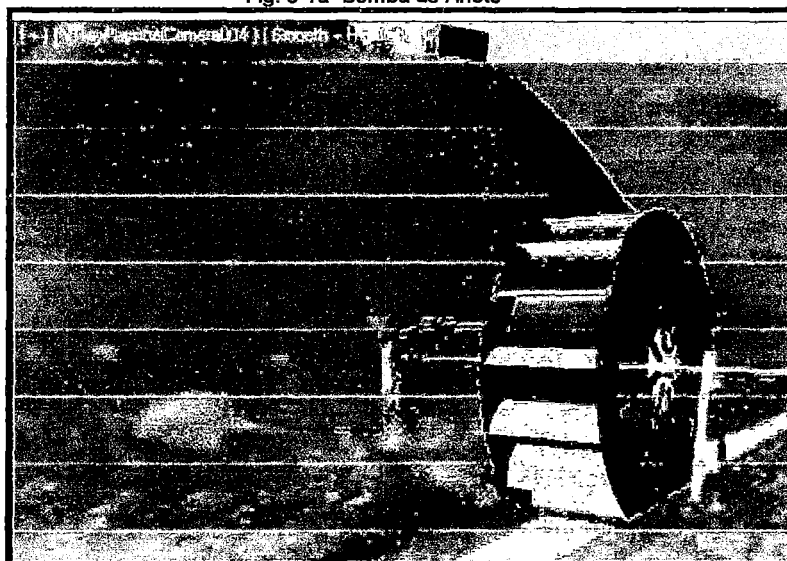
Es un sistema de bombeo que consta de una bomba de rueda y una bomba de ariete, para darle solución a los problemas de agua de las comunidades campesinas que no tienen acceso al líquido para regar sus áreas de cultivo y existe un diseño el que se muestra

Fig. 6.1. Bomba de Ariete



Fuente: <http://www.elremiendo.com>

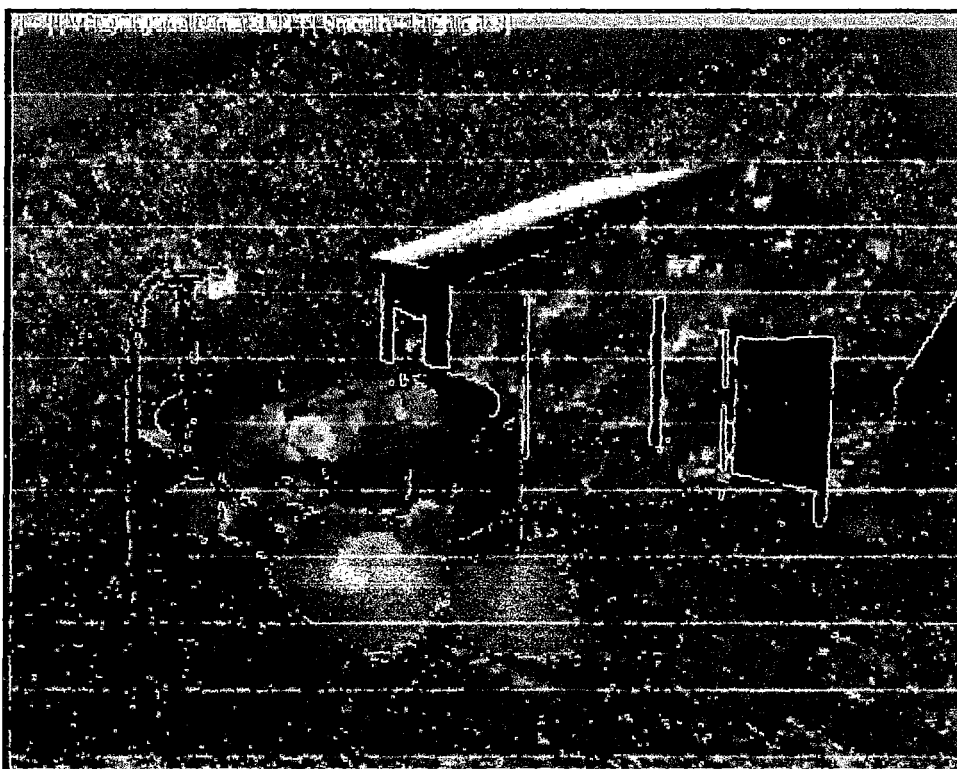
Fig. 6-1a Bomba de Ariete



Fuente: <http://www.elremiendo.com>

A handwritten signature or mark, possibly a stylized name or initials, located at the bottom center of the page.

Fig. 6-1b Bomba de Ariete



Fuente: <http://www.elremiendo.com>

Bomba de embolo o pistón.

Es una bomba fácil de construir solo se necesitan unas cuantas partes de PVC, un émbolo y dos bolitas de vidrio (canicas) para construir una **bomba de agua casera**. Específicamente es una bomba **aspirante de émbolo** que puede ser accionada manualmente y según su constructor puede elevar agua hasta una altura de 7 metros, lo cual no es nada despreciable para una bomba de este tipo.

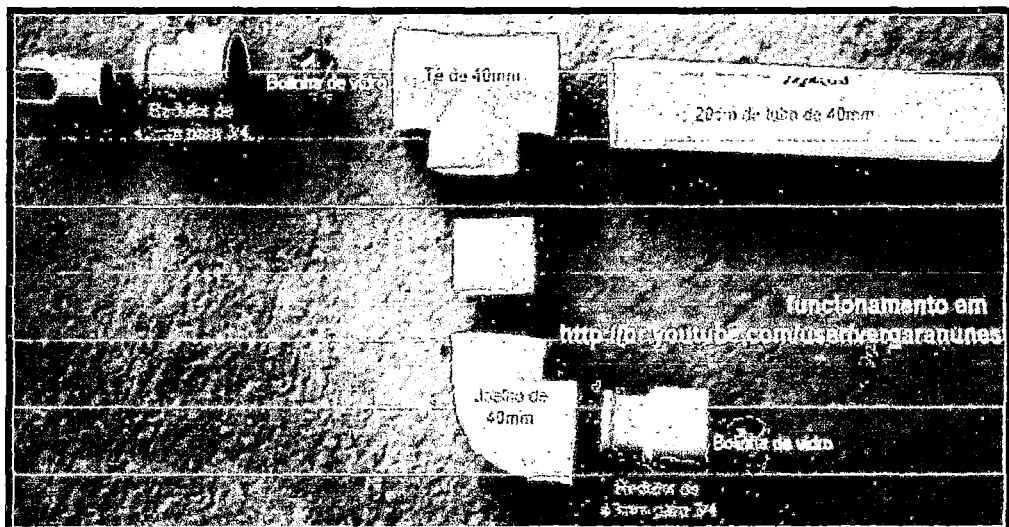
Construcción de una bomba de agua casera con tubos y conexiones de PVC y dos bolitas de vidrio (canicas)

Entre los usos posibles para esta bomba casera está la irrigación de un jardín o huerto casero, el llenado de un tanque elevado u otras aplicaciones.

La bomba podría funcionar con el viento si se adaptara a un **molino de viento artesanal**, con lo que se convertiría en una bomba eólica.

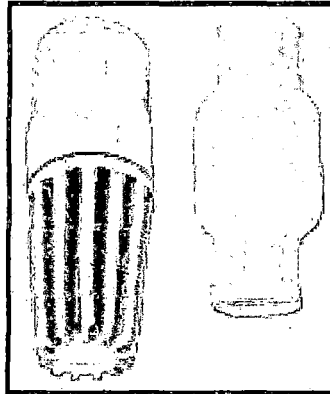
En la imagen de abajo se muestran las partes necesarias y el arreglo para ensamblar el dispositivo. Dada la sencillez del mismo sobran las explicaciones.

Fig. 6.2 Bomba de embolo o pistón.



Fuente: Vergaranunes@gmail.com

Fig. 6.3 Válvulas check: de fondo y de paso



Fuente: Vergaranúñez@gmail.com

Fig. 6.3 Válvulas check: de fondo y de paso



Fuente: Vergaranúñez@gmail.com

Esta bomba funciona bien tal como está. No obstante, puede mejorarse si se quiere para un uso más exigente, aun conservando su bajo precio.

Las bolitas junto con las reducciones funcionan como válvulas de retención (válvulas check) y como tal pueden reemplazarse por sus versiones comerciales. Es decir, la inferior puede

reemplazarse por una válvula de fondo y la otra por una check de paso como las que se muestran en la imagen lateral.

Para evitar el uso de la bolsa plástica sobre émbolo o pistón se puede hacer ligeramente más ancho y añadiéndole un par de O-rings asentados en sendas ranuras. Los O-rings hacen un buen sellado y permiten el movimiento del émbolo al evitar que este roce con el interior del tubo.

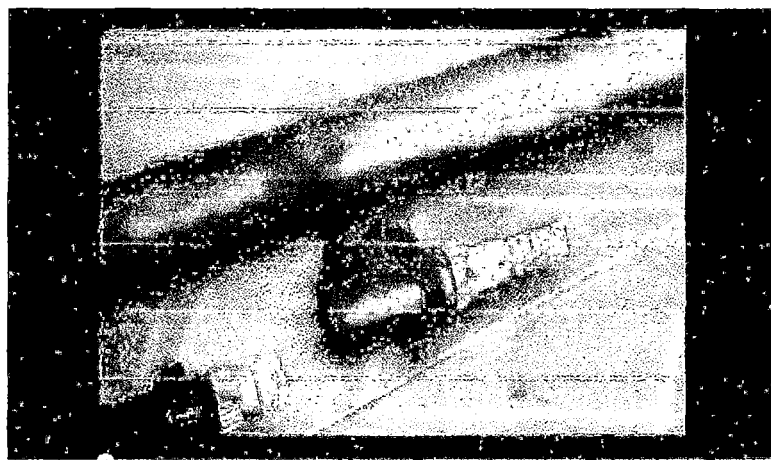
Bomba de embolo o pistón otro Diseño

Fig. 6.4 bomba de pisto casera



Fuente: Vergaranúñez@gmail.com

Fig. 6.5 Accesorio de Bomba de embolo o pistón

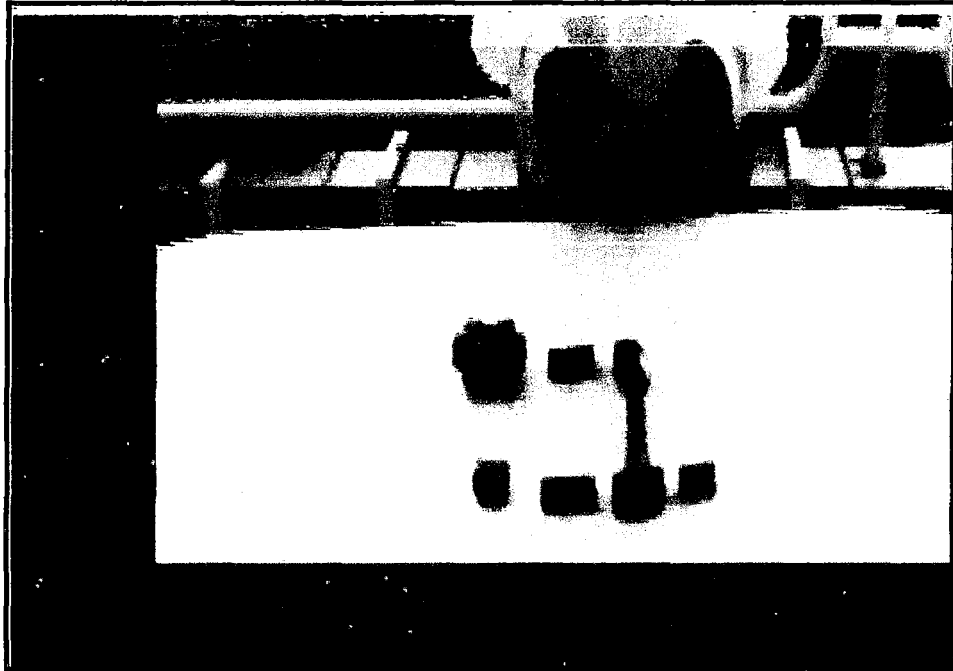


Fuente: Vergaranúñez@gmail.com

A handwritten signature or mark, possibly a stylized name or initials, located at the bottom center of the page.

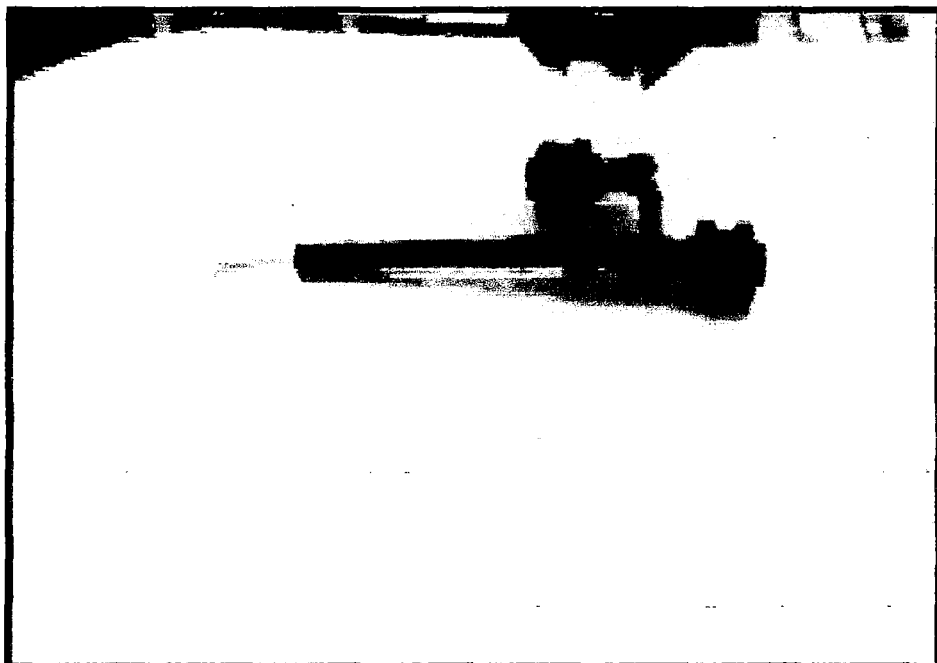
Como construir una bomba de agua casera Diseño III

Fig. 6.6 Accesorio de Bomba de embolo o pistón



Fuente: www.youtube.com/watch?v=NknK9r_f39M

Fig. 6.7 Bomba de embolo o pistón



Fuente: www.youtube.com/watch?v=NknK9r_f39M



Fig. 6.8 Bomba de agua volumétrica



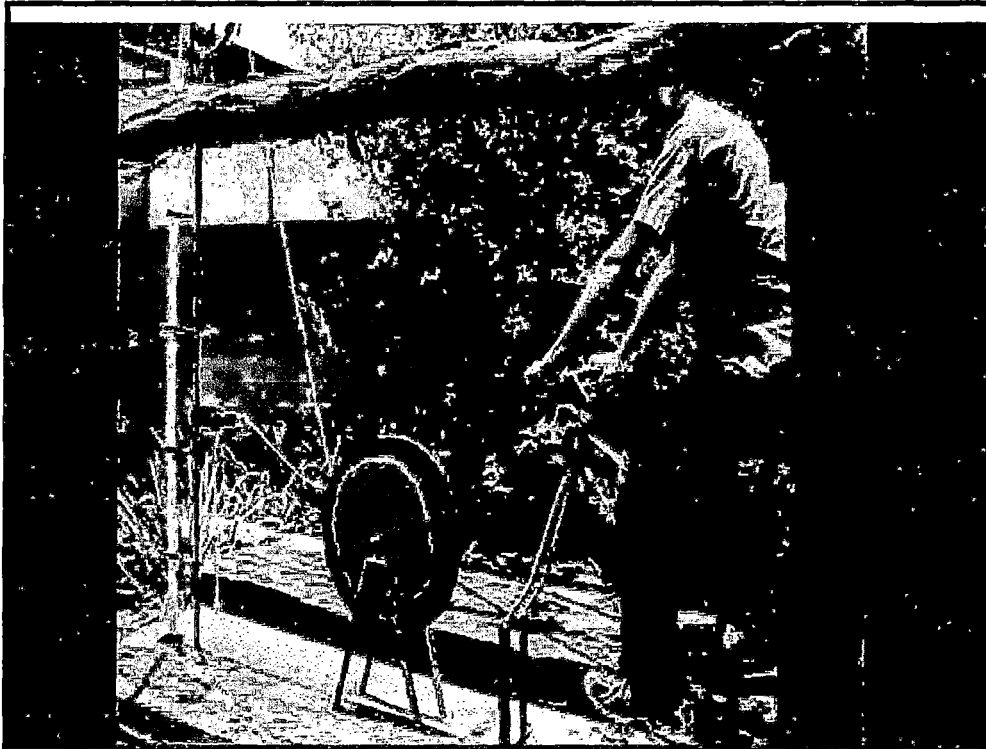
Fuente: www.youtube.com/watch?v=koLQZxJJZMo

LA BICIBOMBA

Hecha en 2011 en el primer taller de bicimaquinas en Guadalajara, México

Las bolitas que ves en el cordón, bajan al pozo de agua y al entrar en el tubo llevan el agua hacia arriba, cuando llega al final del tubo, hay una T de dos pulgadas donde se desfoga el agua. Es un sistema muy sencillo, pero muy eficiente, puedes sacar 40 litros por minuto sin mucho esfuerzo, gracias a la mecánica de las bicicletas.

Fig. 6.9 Caracterización de bombas y bici-bombas de mecate



Fuente: MANUEL PATRÓN CODESIDO

[Handwritten signature]

CONSTRUCCIÓN DE LA TORRE

Para la construcción de la torre se debe tener las siguientes consideraciones:

- Peso de la turbina
- Esfuerzo a que está sometido la turbina
- Vibración
- Altura de la turbina

El peso de la turbina

Lo determinamos por el número de planchas a utilizar en los dos círculos es equivalente de 3 planchas de 1/16" una plancha de 1/16" pesa 33.57 k total es 100.8kg.

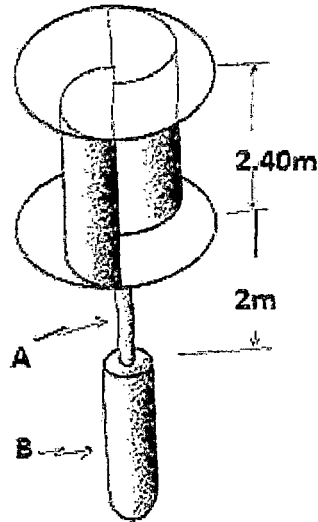
El peso de los alavés es equivalente a 7 planchas pesa 235 kg peso total de la turbina es de 335.80 kg. En la fig. 7.1 se observa el tubo A, B.

El peso del tubo A del pared gruesa de 1 1/2" diámetro exterior 2kg.

El peso del tubo B de diámetro 3 3/4 y de longitud 2m peso 22.5kg.

El peso sin considerar las estructuras es de 461.99 kg.

Fig. 7-1 Turbina Savonius



Fuente: www.solar.exclus.com 364 x 812

Esfuerzos a que está sometida la turbina

Esfuerzo de torsión que realiza es producto del esfuerzo o que transmite el engranaje cónico para acciones a la bomba de pistón. El esfuerzo o de flexión es debido al esfuerzo prorrogado por el impacto del viento el que producirá el giro de la turbina.⁷

Vibración

La turbina Savonius está sometido a vibración por el impacto del aire y por la fuerza centrípeta debido a su forma y a la vez forma de la turbina que serán absorbidas por la estructura y los 2 rodamientos cónicos en el que será montado su eje.

Altura de la turbina

⁷ (Chetumal)

La altura de la turbina se considera para determinar al esfuerzo del eje del tubo si la turbina se fijó en la parte superior para minimizar mayores esfuerzos y en los cálculos matemáticos se considera como vigas en voladizo y esfuerzo a torsión.

En nuestro caso en la parte superior del círculo se suelda en eje de 2" de diámetro en el que montará con el rodamiento de bola.

Estructura de la torre

La estructura que va soportar a la turbina Savonius a mayor altura es mejor para la captación del aire, pero la desventaja es que el costo es mayor y el montaje de la turbina encarece por el peso de la turbina por lo cual desde el punto de vista diseño considero tres metros de altura a la plataforma y 3 metros para fijar la turbina de 2.40 m. de altura

Estructura base

Está conformado por perfiles en:

L de 1/8" x 1 1/2" x 1 1/2"

T de 1/8" x 1 1/2" x 1 1/2".

Con las siguientes dimensiones:

Las dimensiones de la figura 7- 2 son:

C = 4 perfiles en L de 2.18m

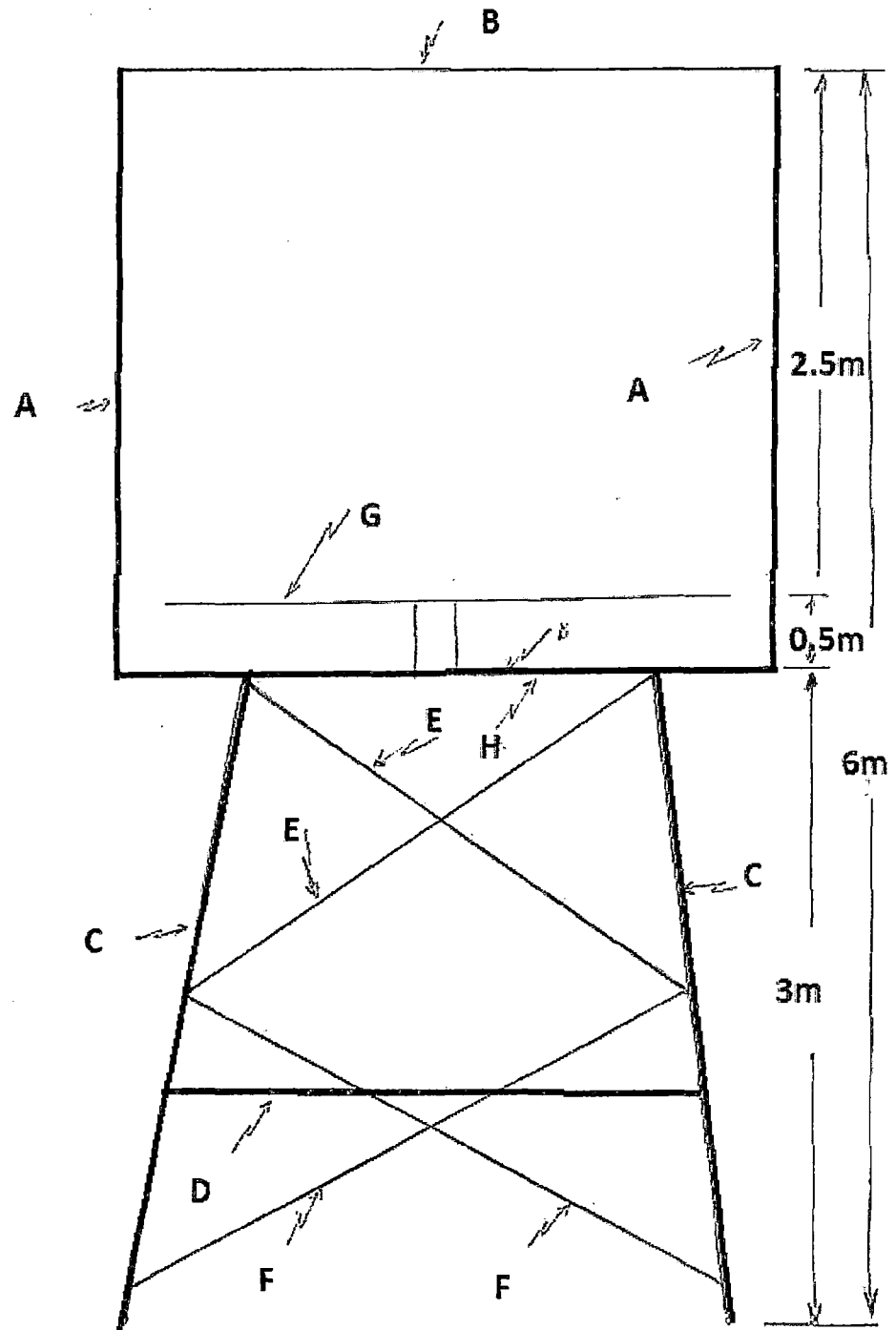
E = 8 perfiles en L de 2.18m

D = 2 perfiles en L de 2.63 m

F = 8 perfiles en L de 3m



Fig. 7-2 Estructura de la Turbina Savonius



Fuente: Elaborado por el Autor

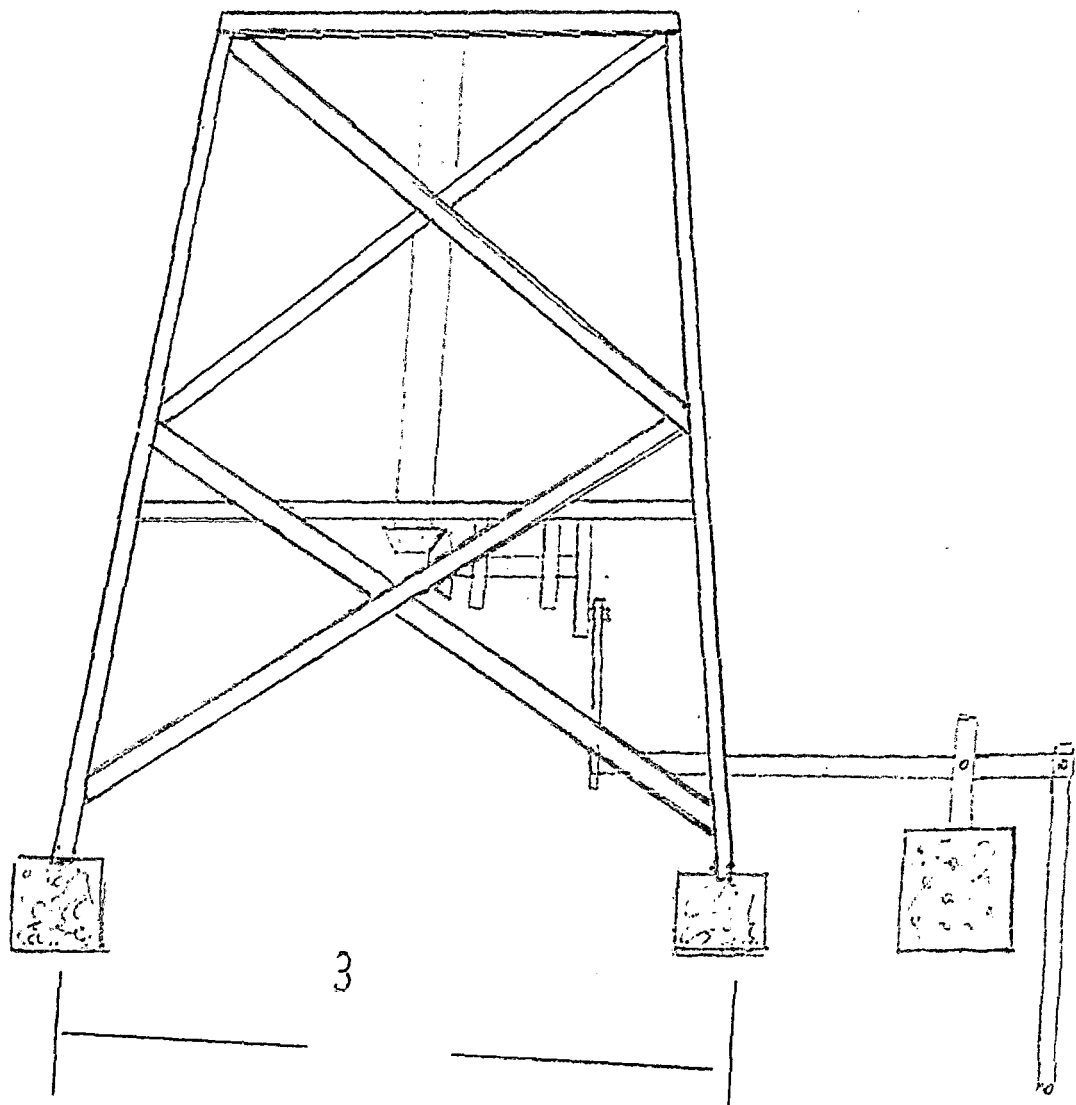
Estructura base

Está conformado por perfiles en:

L de 1/8" x 1 1/2" x 1 1/2"

T de 1/8" x 1 1/2" x 1 1/2".

Fig. 7-3 Estructura de la base de la Turbina Savonius



Fuente: Elaborado por el Autor

Con las siguientes dimensiones:

Las dimensiones de la figura 7- 2 son:

C = 4 perfiles en L de 2.18m

E = 8 perfiles en L de 2.18m

D = 2 perfiles en L de 2.63 m

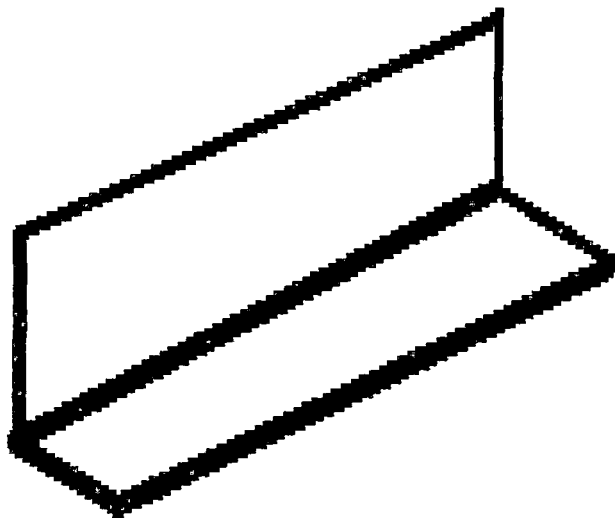
F = 8 perfiles en L de 3m

H = 4 perfiles en L de 2m

La altura total de la estructura será de 6m

El material a utilizar será de perfil en L de 1 ½" x 1 ½" x 1/8"

Fig. 7-4 Perfil en L utilizado en la Estructura de la Turbina Savonius



Fuente: Elaborado por el Autor

Las dimensiones de la estructura

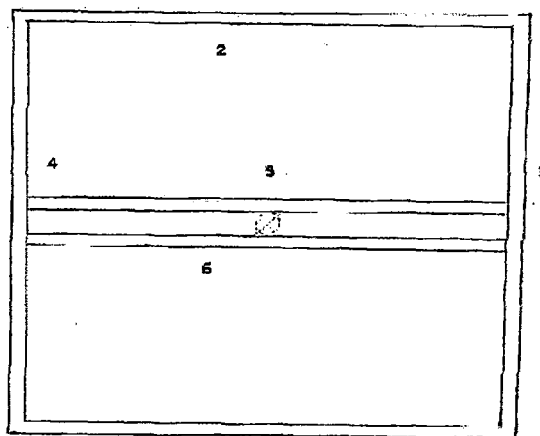
Parte superior

A = 4 perfiles en L de 2.5 m

B = 4 perfiles en L de 3.5 m

G = 4 perfiles en T de 3.5 m

Fig. 7-5 Estructura vista superior Turbina Savonius



Fuente: Elaborado por el Autor

La Estructura de la parte superior en el que se va montar la turbina Savonius será unido mediante soldadura primero se unirá los ángulos A, B (según la figura 7- 4 pertenece numero 1).

Luego se unirá la parte posterior con los ángulos A,B,A,B la vista del número 2 de la figura 4, posteriormente se unirá formando la parte lateral o vista 3 las dos estructuras primeras que hemos soldado es decir vista 1 y la vista 2 con los ángulos B,B y luego completamos para formar el cubo los ángulos B,B todos estos uniones se debe realizar con cordones del ancho del perfil utilizando electrodos punto azul E6011, en la figura 4 se observa

los perfiles en L el 5 y el 6 que estará soldado en los perfiles 4 y 5 con una separación de $2 \frac{1}{2}$ " de distancia.

Sobre estos dos perfiles se soldará una plancha de $4 \frac{1}{2}$ " x $4 \frac{1}{2}$ " x $\frac{3}{4}$ " en el centro.

Esta plancha será maquinándolo para alojar a un rodamiento K – JLM506849 / K –JLM 506810 en el que se fijará en diámetro interior del rodamiento el tubo que estará soldado en la plancha círculos de los alavés el cual estará en la parte céntrica.



MONTAJE DE LA TURBINA

Teniendo la estructura de la base cimentada el segundo paso es el montaje de la turbina que consiste en levantar (izaje) de la turbina sobre la estructura para ser alineado y ensamblar los planchas de fijación en la estructura mediante la unión de empernado.

Para el izaje de la turbina primero se debe conocer el peso real de la turbina para determinar el sistema de izaje y con qué equipo o elementos se va realizar dicho izaje.

El izaje se puede realizar en forma manual utilizando polipastos si el peso de la turbina no es muy pesado.⁸

Si la turbina es pesado es necesario utilizar una grúa que según el peso se secciona

Aparatos y elementos de izaje

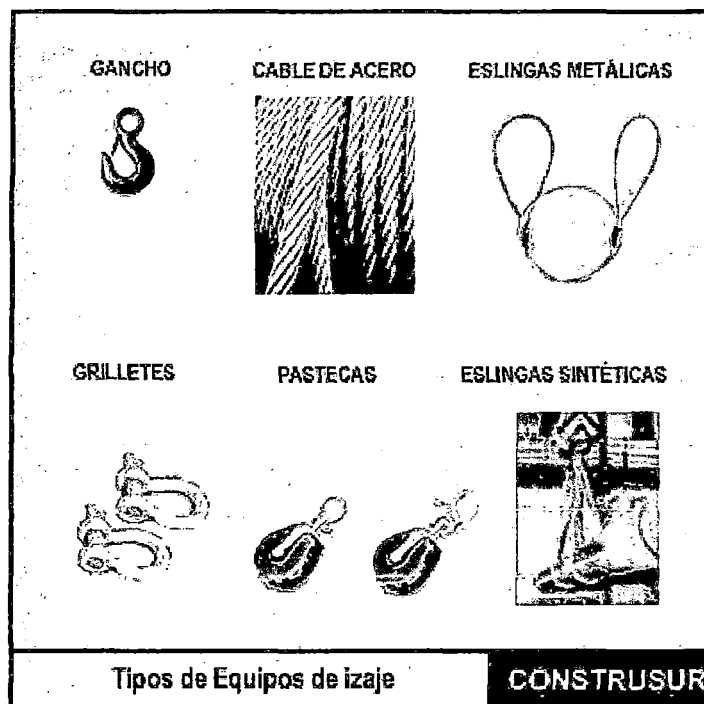
Lo más importante que debemos saber sobre los elementos y aparatos de izaje ¿Qué es un equipo de izaje? Definición: Equipo de izaje es todo dispositivo que permite elevar o bajar una carga, previamente calculada, en forma segura y controlada

⁸ (Morales)

Tipos de Equipos de izaje

Hay muchos tipos de equipos de izaje, los más comunes y usuales son: Grúas móviles para nuestro caso para lo cual se debe considerar el acceso de la grúa hasta el lugar de izaje

Fig. 8-1 de elementos de izaje



Fuente: CONSTRUSUR SRLTDA.

Definiciones importantes aplicables a equipos de izaje:

Carga Límite de Trabajo (WLL) - Carga Segura de Trabajo (SWL)

Es la carga máxima permitida que soporta el producto en usos generales, cuando la carga es aplicada en forma recta con respecto a la línea central del producto.

Carga Probada

Es la fuerza promedio al que ese somete el producto antes de que se observe alguna deformación

Carga de ruptura

Es la carga aplicada al producto, a la cual falla o no sostiene dicha carga

Carga Dinámica

Es la fuerza resultante de la aplicación repentina de una fuerza (impactos o tirones). Esta carga produce un aumento considerable de la carga estática.

Factor de Seguridad

Se refiere a una reserva teórica del producto. Dicho factor resulta de dividir la carga de ruptura por la carga límite de trabajo

¿Qué es un cable de acero?

Un cable de acero es un conjunto de alambres retorcidos y agrupados helicoidalmente, formando una cuerda metálica, apta para resistir esfuerzos de tracción y flexión.

Sus componentes más simples y fundamentales son los **alambres y el alma**. Con éstos elementos se construyen unidades estructurales más complejas llamadas cordones, que al ser cableados en torno a su **alma**, conforman la estructura definitiva del cable de acero.



Según el diámetro y disposición de los alambres que conforman el cordón, el tipo de **alma** empleado (Acero o Textil), se logran cables con diferentes cualidades.

Comencemos por saber que es una eslinga y de que se compone:

¿Qué es una eslinga? Definición:

Una eslinga es un tramo relativamente corto de un material flexible y resistente (típicamente cable de acero), con sus extremos en forma de "ojales" debidamente preparados para sujetar una carga y vincularla con el equipo de izaje que ha de levantarla, de modo de constituir una versátil herramienta para el levantamiento de cargas.

Los ojales pueden tener otro tipo de accesorios, y combinarse de múltiples formas, generando distintas configuraciones o modelos de eslingas.

En otras palabras, las eslingas pueden llevar en sus extremos otras terminaciones distintas del ojal, tales como terminales de vaciado, de prensado, etc.

También muchas veces una eslinga se usa para transmitir esfuerzos de tracción distintos del izaje de cargas, por ejemplo en elementos de máquinas, remolques, etc.

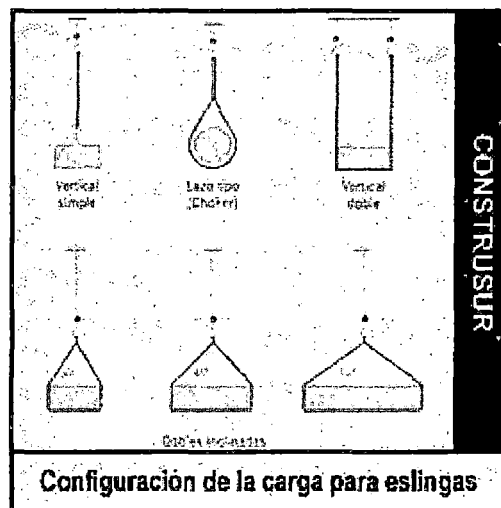
En general las eslingas se construyen con ojal entrelazado y casquillo de acero al carbono prensado en frío.

Estas se construyen según normas (ASME B30.9-2003) Este tipo de construcción es amplia y explícitamente recomendado por una gran cantidad de organismos de estandarización y organizaciones de seguridad tales como la OSHA etc. por brindar la máxima performance y seguridad.

Configuración de la carga para eslingas

Son configuraciones de carga las distintas maneras en que puede sujetarse la o las eslingas a la carga. Las más comunes son las mostradas más abajo, o bien derivadas de ellas.

Fig.: 8-2 configuración de elementos de izaje



Fuente: CONSTRUSUR SRLTDA.

Cargas de Trabajo

La carga de trabajo nominal de una eslinga, en general, se refiere a la configuración vertical simple. La tabla mostrada más abajo

003

muestra típicamente las cargas de trabajo para diferentes configuraciones

TABLA 8-1 Configuración de cargas de trabajo

Carga de trabajo para las diferentes configuraciones:								
Díametro del cable	Carga mínima de rotura	Vertical simple	Lazo (Choker)	Vertical doble	Dos ramas 39° (°)	Dos ramas 45° (°)	Dos ramas 60° (°)	
		kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	
6	2160	428	321	656	742	605	428	
8	3610	752	572	1524	1321	1077	762	
9,5	5504	1101	826	2202	1909	1557	1101	
11	7375	1475	1106	2950	2558	2086	1475	
13	10302	2060	1545	4121	3573	2913	2060	
14	11934	2387	1790	4774	4139	3375	2387	
16	15688	3121	2341	6242	5412	4413	3121	
19	21522	4304	3228	8609	7464	6086	4304	
22	28886	5773	4330	11546	10011	8183	5773	
26	40290	8050	6044	16116	13973	11394	8050	
28	46716	9343	7007	18656	16201	13211	9343	
32	60996	12199	9149	24398	21153	17250	12199	
35	72530	14586	10940	29172	25292	20625	14586	
38	85986	17197	12898	34394	29820	24317	17197	
44	120564	24113	18085	48276	41812	34095	24113	
51	154938	30528	23241	61975	53732	43816	30528	
60	261000	52000	39450	105200	91520	74680	52000	

Fuente: CONSTRUSUR SRLTDA.

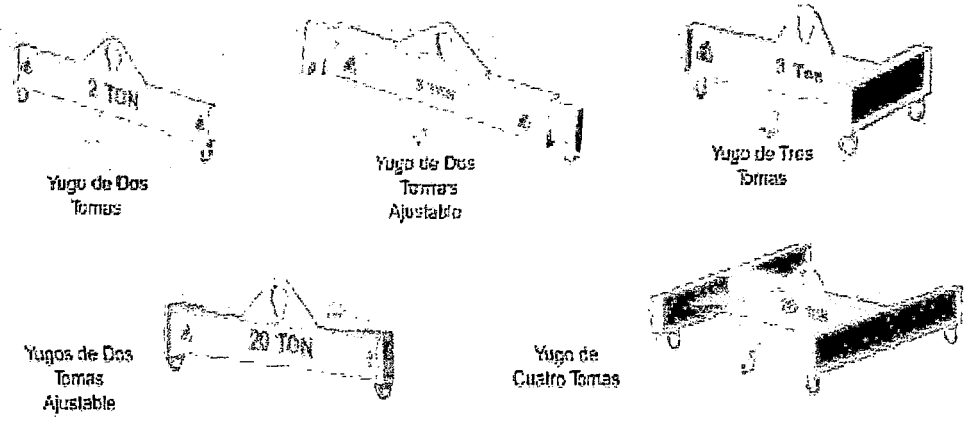
Grúas móviles es el que se muestra en la fig. el que utilizaría en el izaje de la turbina para este caso se considerar los acceso

Accesorios Forjados

Dentro de la familia de los accesorios forjados ofrecemos los siguientes productos:

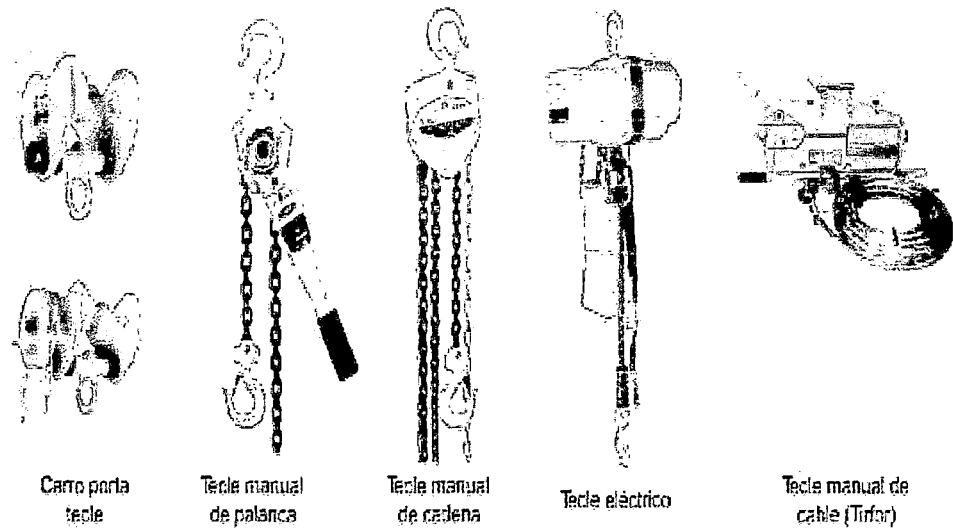
- Grilletes
- Ganchos
- Cáncamos

Fig. 8.5 Yugos de izaje



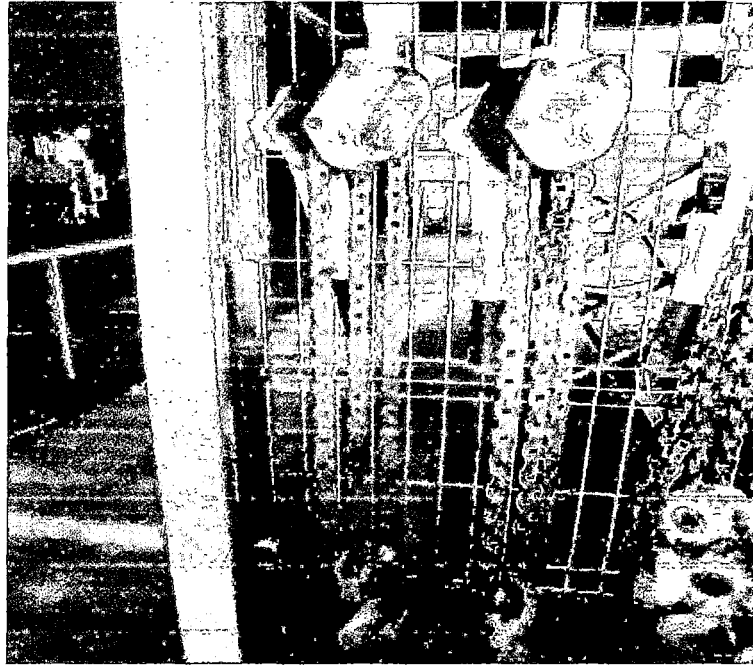
Fuente: CONSTRUSUR SRLTDA.

Fig. 8.6 Teclé de izaje



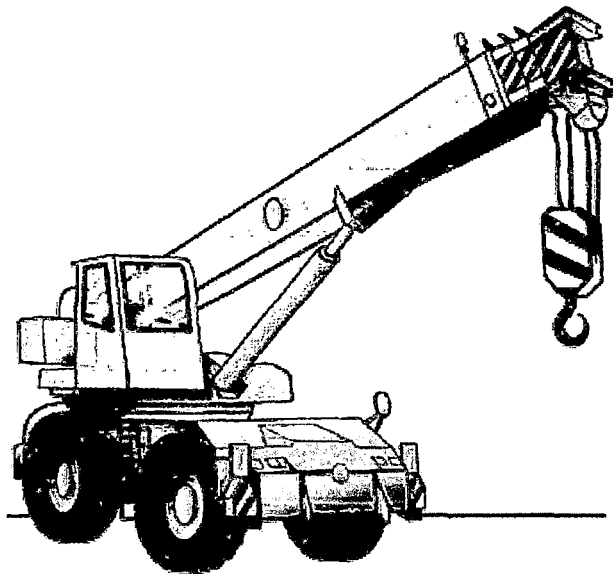
Fuente: CONSTRUSUR SRLTDA.

Fig. 8.7 tecles elementos de izaje



Fuente: CONSTRUSUR SRLTDA.

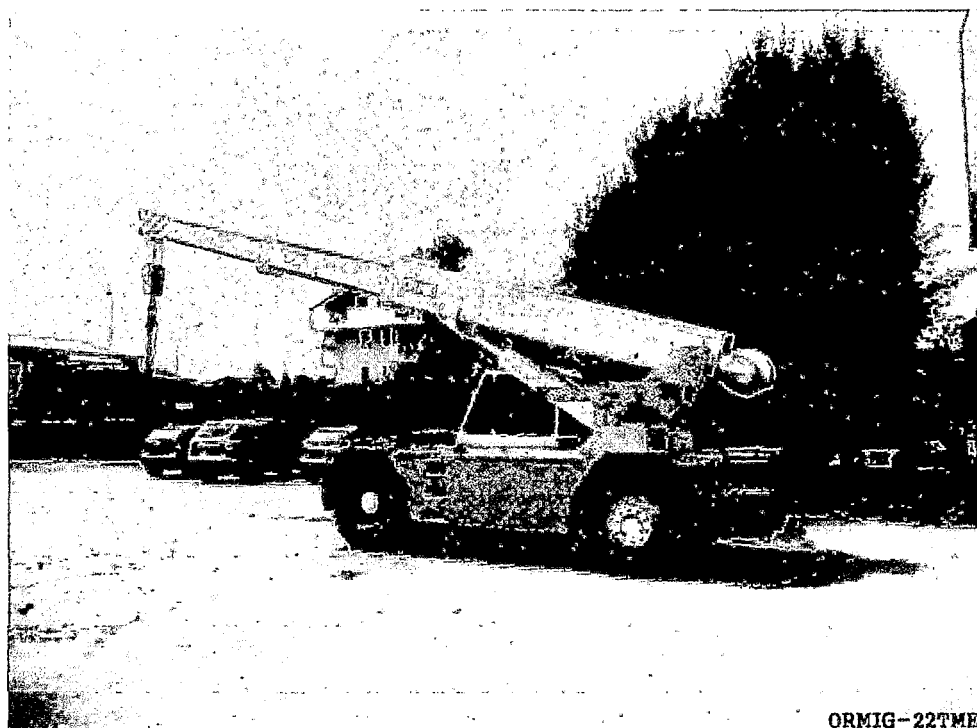
fig. 8.8 GRUAS MOVILES



Fuente: CONSTRUSUR SRLTDA.

Handwritten signature or initials.

Fig. 8-9 Grúas de izaje



Fuente: CONSTRUSUR SRLTDA.

La turbina eólica de eje horizontal del tipo "Savonius" está construida de 2 palas soldadas a dos círculos una inferior y otra en la parte superior palas con las siguientes dimensiones de 2.40 de alto y el un diámetro de del circulo es de 3.15m

Además en el caso de las máquinas de eje horizontal deben disponer de estructura soporte o torre que eleve a cierta altura para aprovechar al máximo la velocidad del aire. Hay que tener en cuenta que en las proximidades del suelo el aire es frenado por los accidentes geográficos, los árboles y las construcciones.

La energía que transmite el aire en movimiento a una maquina eólica de eje horizontal depende de varias cosas: de la superficie

barrida por las palas del rotor, de la densidad del aire (aproximadamente $1,225 \text{ Kg/m}^3$), de la velocidad del viento y de los detalles constructivos inherentes a la máquina.

Con unos pocos cálculos podemos deducir que sobre un rotor de por ejemplo, 2.30m de diámetro y con un viento mínimo de 3.5 m/sg pasarán por él 9.86 Kg /sg. Que son los que le obligan a girar a la turbina

El número de revoluciones máximo del rotor se calcula mediante la siguiente expresión, si se sobrepasara esta cifra puede ser peligroso para el sistema:

$$\text{N}^\circ \text{ R.P.M. máx.} = 2000/\text{diámetro (m)}$$

$$\text{N}^\circ \text{ R.P.M. máx.} = 2000/2.30 \text{ (m)} = 869$$

Para el izaje de la turbina Savonius el que se utilizados para bombear agua es necesario primero conocer el peso total para el izaje y determinar con que sistema se va realizar el izaje porque esto encarece el costo.

Para las 2 palas se utiliza 4 planchas c/u pesa 33.57kg. Siendo un total de 134.0kg.

Para los 2 círculos es un total de 143.6kg.

Total = 277.6kg.

El área del círculo es dado por la formula $A = \pi \times r^2$

Siendo: $A = 6.16\text{m}^2$ si 2.88 --- 33.57

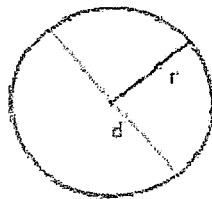
A= 71.8kg. En 2 círculos tenemos 143.6kg.

Por el peso de 277.6kg. el utilizar una grúa para su izaje sería muy costoso debido a que en la localidad no existe estas grúas si es indispensable se alquilaría en Huancayo el cual el costo encarece

El izaje será utilizando tecla para el cual se reformulara las medidas para facilitar el izaje y bajar el peso.

Calculo del área y peso de los componentes de la turbina:

La longitud de una circunferencia es igual a 2 pi por el radio.

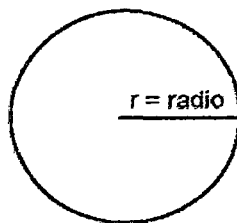


$$L = 2 \cdot \pi \cdot r$$

$$L = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \times 3.1416 \times 0.65 = 4.0833 \text{ la semicircunferencia} \\ = 2.04165 \text{m}$$

El peso sería de 2 semicircunferencia = 114.23kg

Su fórmula es $A = \pi \cdot r^2$



Si se tiene un círculo de 1.15m de radio ¿cuál será su área?

$$A = 3.1416 \times (1,15)^2$$

$$A = 3.1416 \times 1.3225\text{m}^2$$

$$A = 4.1547\text{m}^2$$

El peso sería de 2 círculo = 96.86kg.

Para las 2 palas el peso total de 114.23kg

Para los 2 círculos es un total de 96.86kg

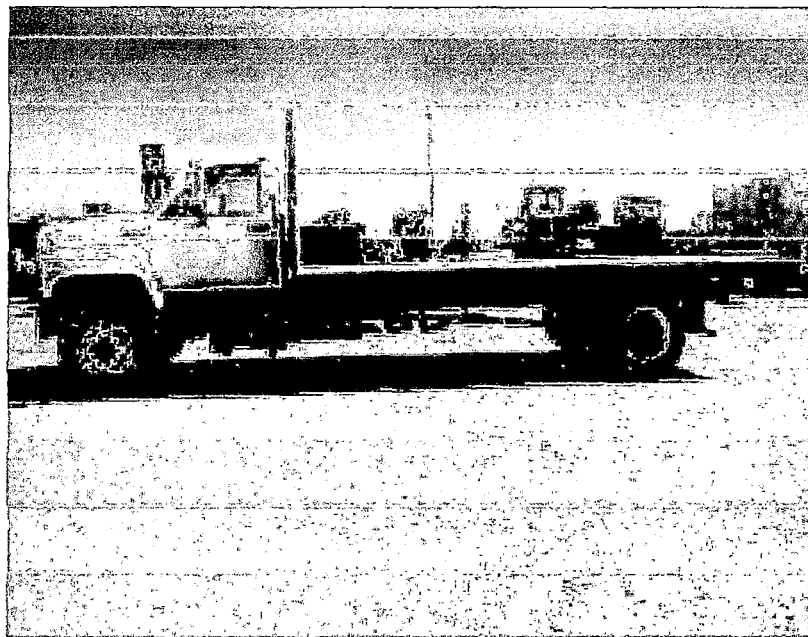
Total = 211.6kg.

Para el izaje se necesitan 5 personas ya que $213\text{kg} / 5 = 42.6\text{kg}$.

Peso razonable para ser manipulado en el izaje para el izaje se prepara con cuarterones de madera en el que se montara sobre la estructura metálica en el que se fijara el tecele o polipasto según se tenga en el momento de izaje con el que se minimiza esfuerzo.

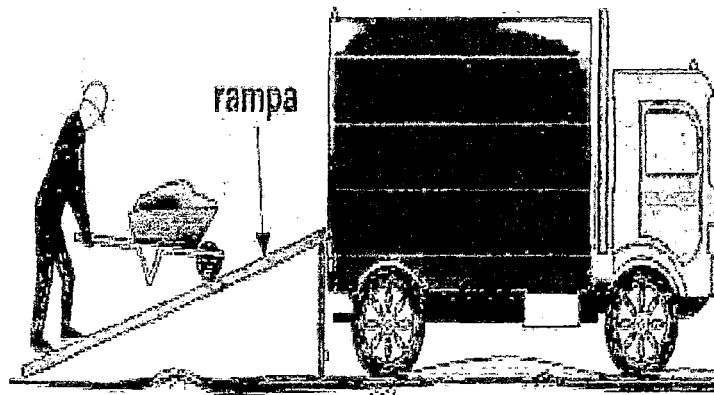
El traslado del lugar de fabricación al lugar de montaje se realizara con carro de plataforma como se observa en la fig.8-10

Fig. 8-10 Camión plataforma



Fuente: www.volvotrucks.com/trucks/peru-market/es-pe/

Fig. 8.11 rampa

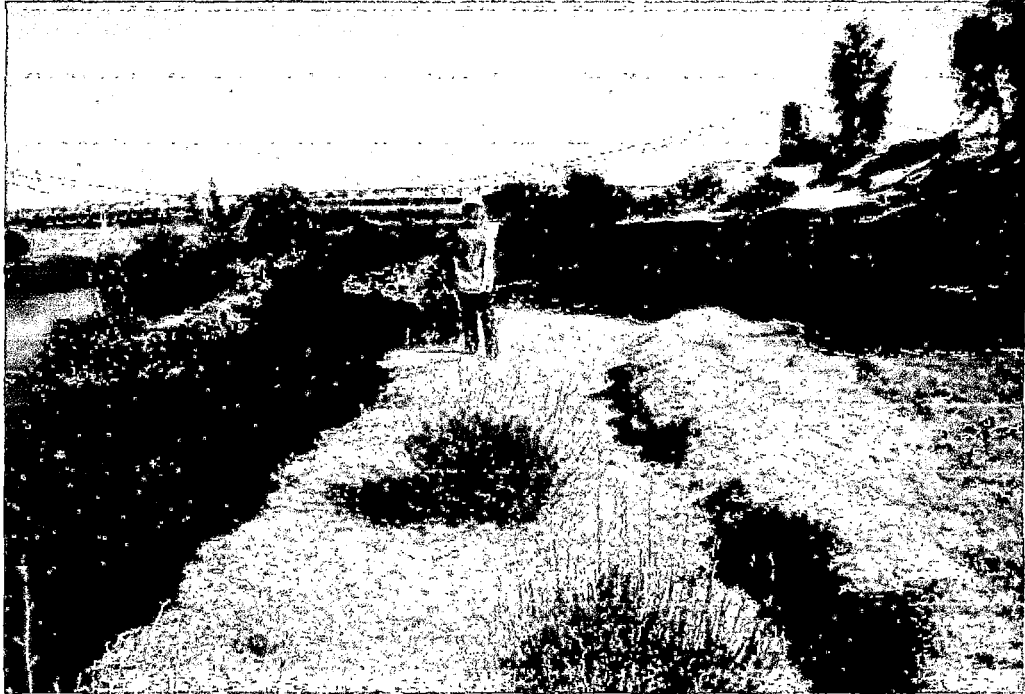


Fuente: Elaborado por el Autor para minimizar esfuerzos utilizando el plano inclinado

Plano inclinado o rampa

El levantar la turbina al camión se realiza mediante un teche ya que todo taller de mecánica cuenta con tecles de 5 toneladas como mínimo para cargar y descargar se realizara utilizando plano inclinado estando en el lugar del izaje se prepara el sistema de fijación o amarre teniendo en consideración que no deforme a la turbina luego iza hasta la altura don se va montar y con ayuda de personal de apoyo centramos bien y se procede al empernado de los punto de apoyo luego del alineamiento se fija el sistema de transmisión al engranaje cónico y convertir el movimiento vertical en movimiento horizontal el que accionara la bomba utilizando una excéntrica el accionara el movimiento de la bomba

Fig. 8.12 Lugar donde se montara el sistema de bombeo



Fuente. Elaborado por el Autor

A handwritten signature or mark, possibly initials, located at the bottom center of the page. It consists of several stylized, overlapping lines.

DETERMINAR LA POTENCIA

Primer género

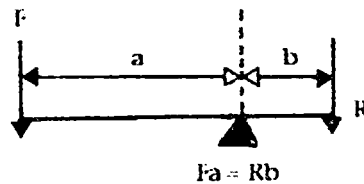
El Punto de apoyo se encuentra situado entre la Potencia (Fuerza) y la Resistencia.

Ley de la palanca $P \times B_p = R \times B_r$

$$a = 3$$

$$b = 1.80$$

Fig. 9-1 La palanca



Fuente. Elaborado por el Autor

EXCÉNTRICA

La excéntrica que convertirá el Movimiento circular en movimiento vertical el que accionara la bomba Pistón

Distancia a la excéntrica = 30cm.

Fig. 9-2 Excéntrica del sistema de bombeo



Fuente. Elaborado por el Autor

DATOS DE LA BOMBA PISTÓN ES:

Carrera =16cm.=1.6 dm

Diámetro del pistón= 3cm. = 0.3 dm

Capacidad de la bomba m³/h

Altura de aspiración.- distancia desde el nivel del líquido hasta el eje de la bomba

Altura de impulsión.- se mide desde el eje de la bomba hasta el punto máximo de elevación

Potencia de la bomba $P_b = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$

Área del pistón = $3.1416 \times (0.15)^2 = 0.0707 \text{dm}^2$

Volumen = $0.0707 \times 1.6 = 0.119 \text{ dm}^3 = 0.119 \text{ litros}$

Volumen que succiona el pistón y luego lo impulsa cada accionamiento del pistón

Potencia en un sistema hidráulico

La **potencia teórica** de una bomba hidráulica es:

$$P_b = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h_b = \gamma \cdot Q \cdot h_b$$

En donde:

ρ es la densidad del fluido

g es la aceleración de la gravedad

γ es el peso específico del fluido

Q es el caudal



h_b es la ganancia de carga en la bomba

Esta expresión puede deducirse fácilmente de la expresión general de la potencia:

$$P_b = \frac{E_b}{t} = \frac{P \cdot h_b}{t} = \frac{V \cdot \gamma \cdot h_b}{t} = Q \cdot \gamma \cdot h_b$$

La **potencia real** de una bomba es:

$$P_{real_b} = \frac{P_b}{\eta}$$

En un sistema hidráulico la velocidad queda indicada por el caudal, en litros por minuto, y la fuerza, por la presión.

De esta forma podemos expresar la potencia hidráulica como sigue:

$$Potencia = \frac{fuerza \cdot distancia}{tiempo} = \frac{presión \cdot superficie \cdot distancia}{tiempo} = \frac{presión \cdot volumen}{tiempo}$$

Para expresar esta relación en unidades, hacemos lo siguiente:

$$presión \cdot caudal \frac{KP \times m}{6 \times s} \times \frac{CV}{75kgm/s} = pres \times caud \frac{CV}{450} = potencia$$

$$Presión \times caudal = KP \times m / s \times cv / 75kgm = presión \times caudal \\ cv / 450 = potencia$$

Así:

$$\text{potencia hidraulica (CV)} = \frac{\text{Presión (Kp/cm}^2\text{)} \times \text{caudal (l / min)}}{450}$$

Esta fórmula corresponde a la potencia hidráulica a la salida de la bomba. La potencia requerida para accionarla sería algo mayor puesto que el rendimiento del sistema no es del 100 %.

Si suponemos un rendimiento medio del 80%, la potencia mecánica para el accionamiento de la bomba será:

$$\text{potencia hidraulica (CV)} = \frac{\text{Presión (Kp/cm}^2\text{)} \times \text{caudal (l / min)}}{360}$$

La velocidad a la cual debe desplazarse la carga determina el tamaño de la bomba. El pistón de 100 cm² desplaza 100 cm³ por cada cm que se levanta. El mover el cilindro 10 cm requerirá 1000 cm³ de agua. Si hay que moverlo a razón de 10 cm por segundo, requerirá 1000 cm³ de agua por segundo o 60 l/mm. Como las bombas generalmente se dimensionan en galones por minuto, será necesario dividir 60/3,765 para obtener el valor en galones por minuto; 60/3,765 = 16 gpm.

¿Cómo se mide el caudal?

Existen dos maneras de medir el caudal de un líquido:



Velocidad. Es la velocidad media de las partículas del líquido en un punto determinado a la distancia media que las partículas recorren por unidad de tiempo. Se mide en metros por segundo o en metros por minuto.

Caudal. Es la cantidad de líquido que pasa por un punto, por unidad de tiempo. Los caudales grandes se miden en litros por minuto. Los caudales pequeños pueden expresarse en $\text{cm}^3/\text{minuto}$.

Caudal y velocidad

La velocidad de un actuador hidráulico, depende siempre del tamaño del actuador y del caudal que actúa sobre él. Como el volumen de un actuador se expresa generalmente en litros, hay que tener en cuenta que:

$$1 \text{ l/min} = 1 \text{ dm}^3/\text{min} = 1000 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Un cilindro contiene 55 galones $1 \text{ galón} = 3,78 \text{ litros}$, luego $55 \text{ galones} \times 3,78 = 208 \text{ litros}$.

DATOS DEL PISTON

Diámetro = 0.3dm

Longitud = 1.6dm

Volumen = 0.113dm^3

Fuerza total del aire sobre la palas = 247.64kg



Rpm para un aire de 3.5m/s = 406.64rpm

Rpm para un aire de 7m/s = 813.28 rpm

$Q = 0.113 \times 406.64 = 45.16 \text{ L/mm}$

$n = (60 \cdot 14 \cdot 3.5) / (\pi \cdot 2.3) = 406.64 \text{ rpm}$

$n = (60 \cdot 14 \cdot 7) / (\pi \cdot 2.3) = 813.27 \text{ rpm}$

Diámetro interior de tubería galvanizado de 1 ¼" 1.5 m de succión

Diámetro interior de tubería galvanizado de 1 ¼" 2.5 m impulsión

Diámetro interior de tubería galvanizado de 1 ¼" 4 m transmisión

tubería galvanizado al tanque

$$A = \pi \times r^2 = \pi \times (0.32/2)^2 = 0.08 \text{ dm}^2$$

$$p = \frac{F}{A}$$

$$V = 0.08 \times 5 \text{ m}$$

$$V = 0.08 \times 50 = 4 \text{ dm}^3 = 4 \text{ litros}$$

$$P = 4/0.08 = 50$$

La bomba debe vencer 4 litros de agua +1 litros por perdida = 5 litros= 5kg.

Ley de la palanca $P \times Bp = R \times Br$

$$a = 3$$

$$P \times 3 = 5 \times 1.80$$

$$b = 1.80$$

$$P = 3 \text{ kg.}$$

Por la ley de palanca la excéntrica el que movida por el engranaje cónico debe vencer 3kg para accionar la bomba y nos proporcionara 28.08 litros por minuto con un aire de 3.5m/s



Y un promedio de 35 l/m por que trabaja a velocidad constante.

Por hora = 35litros x 60 minutos = 2,100 litros/h

Por día = 2,100 litros x 24 horas = 50,400 litros/día

CONSTRUCCION DEL TAQUE DE ALMACENAMIENTO

El tanque de almacenamiento de tener una capacidad de almacenaje de tres días.

la bomba de pistón bombeara 50,400 litros por día en tres días almacenara nos 151.20metros cúbicos de agua con el que podemos dimensionar el tanque de almacenamiento que tendrá las siguientes medidas 10x10x2 metros con el cual se puede regar unos 40,000 metros de tierra de cultivo para el cual se debe utilizar el desnivel existente en el lugar y si hubiera exceso de agua se dejará correr por una acequia la construcción de tanque de almacenamiento debe ser construido por los mismos personas que va utilizar el agua utilizando el desnivel existen te en la zona seleccionada para la turbina Savonius



EVALUACION ECONOMICA

En la evaluación económica se debe tener en consideración los siguientes costos:

COSTO DE MATERIALES.

- 9 Planchas galvanizadas de 1/16 de espesor de 2.40m X 1.20
S/. 801.00
- Eje A de la turbina de tubo de pared grueso de 1 ½ diámetro exterior de 2 m de longitud. 18.00
- Eje B de la turbina de tubo de pared grueso de 3 ¾ diámetro exterior de 2 m de longitud 35.00
- 2 rodamiento k-JLMS06849 52.00
- 2 rodamiento k-JLMS06810 64.00
- 17 Perfiles en L 1 ½ x1 1/2x 1/8 pulg. 367.20
- 4 Perfiles en T de 1 ½ x1 1/2x 1/8 pulg, 95.20
- 3 kilos de Electroodos para soldar la estructura de la base 33.00
- 2 Plancha 4 1/2x4 1/2x3/4 de pulg. 30.00
- Un par de engranajes cónicos 65.00
- Disco con eje excéntrico para accionar la barra de bombeo 12.00
- Materiales para la bomba de pistón
- Eje del Pistón de carro usado 3.00
- Válvula check de fondo y de paso de plástico 3.50



▪ Válvula check de fondo y de paso de plástico	3.50
▪ Se utilizara el tubo de pistón de carro	2.00
▪ Reductores de plástico	1.50
▪ Codo de plástico	1.00
▪ T de plástico	1.20
▪ O- rings	3.50
▪ Rolado de dos Alabes	28.00

COSTO DE MANO DE OBRA DE LA TURBINA

▪ Costo de mano de obra de la turbina y apuntalado	96.00
▪ Rolado de los Alabes	28.00
▪ Soldar los Alabes a las bases	9.48m 40.00

COSTO DE MANO DE OBRA DE LA ESTRUCTURA

▪ Costo de mano de obra de la estructura de la base	260.00
▪ Costo de mano de obra de torneado de eje para fijar el rodamiento	35.00
▪ Costo de mano de obra de 4 base de anclaje para la estructura	130.00
▪ Costo de mano de obra de 1 base de anclaje de la palanca de bombeo	40.00
▪ Costo de mano de obra de base para fijar la bomba pistón en el rio	160.00



- Anclaje de la estructura de la base 120.00

MANEJO DE MATERIALES

- Costo de traslado de ladrillo y cemento para preparar a base 40.00
- Costo de traslado de la estructura de la base 30.00
- Costo de traslado de obra de la turbina 10.00
- Costo de traslado de turbina 15.00

IZAJE DE LA TURBINA

- Izaje de turbina Savonius Y Montaje de la turbina 320.00
- Montaje de la bomba pistón 190.00

RESUMEN ECONOMICO

	EVALUACION ECONOMICA	VALOR EN \$/.
1	COSTO DE MATERIALES.	1572.00
2	MATERIALES PARA LA BOMBA DE PISTÓN	43.70
3	COSTO DE MANO DE OBRA DE LA TURBINA	164.00
4	COSTO DE MANO DE OBRA DE LA ESTRUCTURA	745.00
5	MANEJO DE MATERIALES	95.00
6	IZAJE DE LA TURBINA	510.00
	COSTO TOTAL	3,129.70



d) **MATERIALES Y METODOS**

Los materiales a utilizar son los siguientes:

Los **rotores Savonius** son un tipo de turbina eólica de eje vertical usado para convertir el poder del viento en torsión sobre un eje rotatorio. Fueron inventadas por el ingeniero finlandés Sigurd J. Savonius.

Construido el prototipo, se instaló el mismo en la ciudad de Rioja, en el predio de la Laguna Azul, siendo este el lugar el seleccionado para la evaluación funcional del dispositivo. La turbina se encuentra fija a la superficie mediante un soporte central que además de impedir la rotación del mástil permite tensionar durante el montaje. Tres cables de acero, igualmente espaciados y firmemente tensados, fijan espacialmente al mástil. Estos cables se toman al piso mediante soportes de acero empotrados con hormigón armado para soportar eventuales ráfagas de viento.

La figura 7.1 muestran diversas etapas del armado de la turbina.

- 9 Planchas galvanizadas de 1/16 de espesor de 2.40m X 1.20
- Eje A de la turbina de tubo de pared grueso de 1 ½ diámetro exterior de 2 m de longitud.
- Eje B de la turbina de tubo de pared grueso de 3 3/4 diámetro exterior de 2 m de longitud
- 2 rodamiento k-JLMS06849



- 2 rodamiento k-JLMS06810
- 17 Perfiles en L 1 ½ x1 1/2x 1/8 pul.
- 4 Perfiles en T de 1 ½ x1 1/2x 1/8 pul.
- 3 kilos de Electrodo para soldar la estructura de la base
- 2 Plancha 4 1/2x4 1/2x3/4 de pulg.
- Un par de engranajes cónicos
- Disco con eje excéntrico para accionar la barra de bombeo

En la imagen de abajo se muestran las partes necesarias y el arreglo para ensamblar el dispositivo. Dada la sencillez del mismo sobran las explicaciones.

- Eje del Pistón de carro usado
- Válvula check de fondo y de paso de plástico
- Se utilizara el tubo de pistón de carro
- Reductores de plástico
- Codo de plástico
- T de plástico
- O- rings
- Rolado de dos Alabes
- Válvulas check: de fondo y de paso

Esta bomba funciona bien tal como está. No obstante, puede mejorarse si se quiere para un uso más exigente, aun conservando su bajo precio.



Las bolitas junto con las reducciones funcionan como válvulas de retención (válvulas check) y como tal pueden reemplazarse por sus versiones comerciales. Es decir, la inferior puede reemplazarse por una **válvula de fondo** y la otra por una check **de paso** como las que se muestran en la imagen lateral.

Para evitar el uso de la bolsa plástica sobre **émbolo o pistón** se puede hacer ligeramente más ancho y añadiéndole un par de O-rings asentados en sendas ranuras. Los O-rings hacen un buen sellado y permiten el movimiento del émbolo al evitar que este roce con el interior del tubo.



e) **RESULTADOS**

Se seleccionó la turbina Savonius de dos alabes con separación con respecto al eje, el cual proporciona mayor torque 148.58 N-m en su funcionamiento y se determinó mediante cálculos las dimensiones adecuadas para el mejor aprovechamiento de la energía eólica.

Para el diseño se ha considerado dos palas de la turbina con un diámetro de 2.40 m, con una separación entre ellas de 0.30m, una altura de 2,40 m y considerando una densidad de viento de 1,25 kg/m³. Así también se determinó la fuerza de arrastre de 157,172 kgf. y una fuerza ascensional de 183,36 Kgf. Y tiene 240.37RPM, peso de 277.6 kg

La estructura está construida con ángulos en T, y ángulos en L y tiene una altura de 6m

El tanque de almacenamiento tiene las siguientes dimensiones: 10m x 10m x 2m su capacidad de 200m³

Se ha seleccionado una bomba de pistones de 0,0707m² de área y de una carrera de 16 cm. El pistón tiene un diámetro de 3 cm, y un volumen de 0,119 litros y un caudal de 28,56 litros por minuto.

Con un viento de 3.5 m/s su caudal mínimo es de 28,56l/m

El diseño propuesto permite el bombeo del agua de 1,713.60 litros por hora, que es utilizado para solucionar la escasez del agua y poder obtener hasta dos cosechas por año.



f) DISCUSION

Al inicio de la selección del tema del trabajo de investigación titulado aprovechamiento de la energía eólica mediante turbinas Savonius para bombeo de agua en el poblado de San Jerónimo, región Junín conocía la existencia de muchos diseños y cada diseñador da un enfoque diferente según sus objetivos que desean alcanzar.

El diseño del sistema de bombeo permite solucionar el problema de los escasos de agua en San Jerónimo, y de esta forma contribuimos en la agricultura y poder cosechar dos veces al año a bajo costo.

Existen otros generadores eólicos caseros similares, diseñados para irrigación de un jardín, huerto casero y llenado de tanques elevado. La bomba podría funcionar con el viento si se adaptara a un **molino de viento** artesanal, con lo que se convertiría en una bomba eólica.

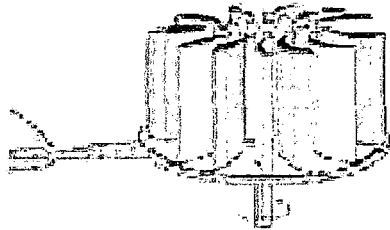
En la figura D-1 y figura D-2 se muestran las partes necesarias y el arreglo para ensamblar del dispositivo. Dada la sencillez del mismo las explicaciones.

También existe una variante del rotor Savonius que incluye un mecanismo difusor de álabes fijos, que a su vez se pueden orientar como conjunto mediante una aleta de cola (figura D-1).



Esto permite dirigir el viento hacia un rotor con varias aspas, 10 o más, provocando su giro sin apenas efectos de frenado y mejorando por lo tanto su rendimiento

Figura D-1 Savonius con difusor



<http://www.greenenergyreporter.com>

Figura D-2 Savonius turbina cónica



<https://www.google.com.pe/search?q>

Otra modelo de estos aerogeneradores es la turbina cónica, la cual incorpora 3 velas en espiral envolvente en una configuración que utiliza el impulso de masa del viento para hacer girar las velas alrededor de un mástil central aprovechando la fuerza de arrastre (Dobson, 2011). La fuerza se aplica a las velas por el viento al entrar y salir de la turbina, permitiendo la extracción máxima de energía del viento.

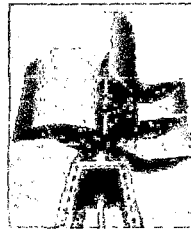
Esta turbina fue construida en una forma cónica en lugar de una forma cilíndrica es por varias razones estructurales. La misma cantidad de material puede ser utilizado para crear tanto una sección transversal cilíndrica y una turbina cónica sección transversal. El cono tendrá una mayor sombra del viento, una mayor resistencia estructural de los materiales utilizados, sobre

Una firma manuscrita en tinta negra, que parece ser una abreviatura o un nombre estilizado.

todo porque el mástil central y cables de tensión, se puede ajustar con precisión la alineación dinámica y rigidez.

Savonius: Dos o más filas de semicilindros colocados opuestamente que esencialmente utilizan el arrastre diferencial creado por las palas que pueden ser de diversas formas. El par de arrastre es elevado, pero la velocidad máxima es claramente inferior a la de los rotores de eje horizontal.

Figura D-3 Savonius turbina con tres filas

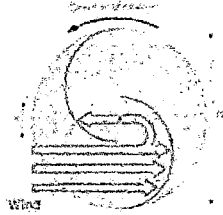


www.greenenergyreporter.com 306 × 369

Panémonas: Cuatro o más semicírculos unidos al eje central. Su rendimiento es bajo.

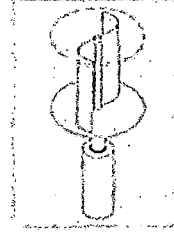
Mi prototipo es de dos alabes que tiene por objeto realizar los trazos y la fabricación por talleres metal mecánica y no tener inconveniente en el proceso de soldeo y al realizar el balance estático y dinámico para que el giro tenga mínimo torque a la fuerza del aire.

Figura D-4 Separación de alabes de Savonius turbina



Fuente: es.wikipedia.org/wiki/rotor-Savonius

Figura D5 alabes fijo al eje Savonius



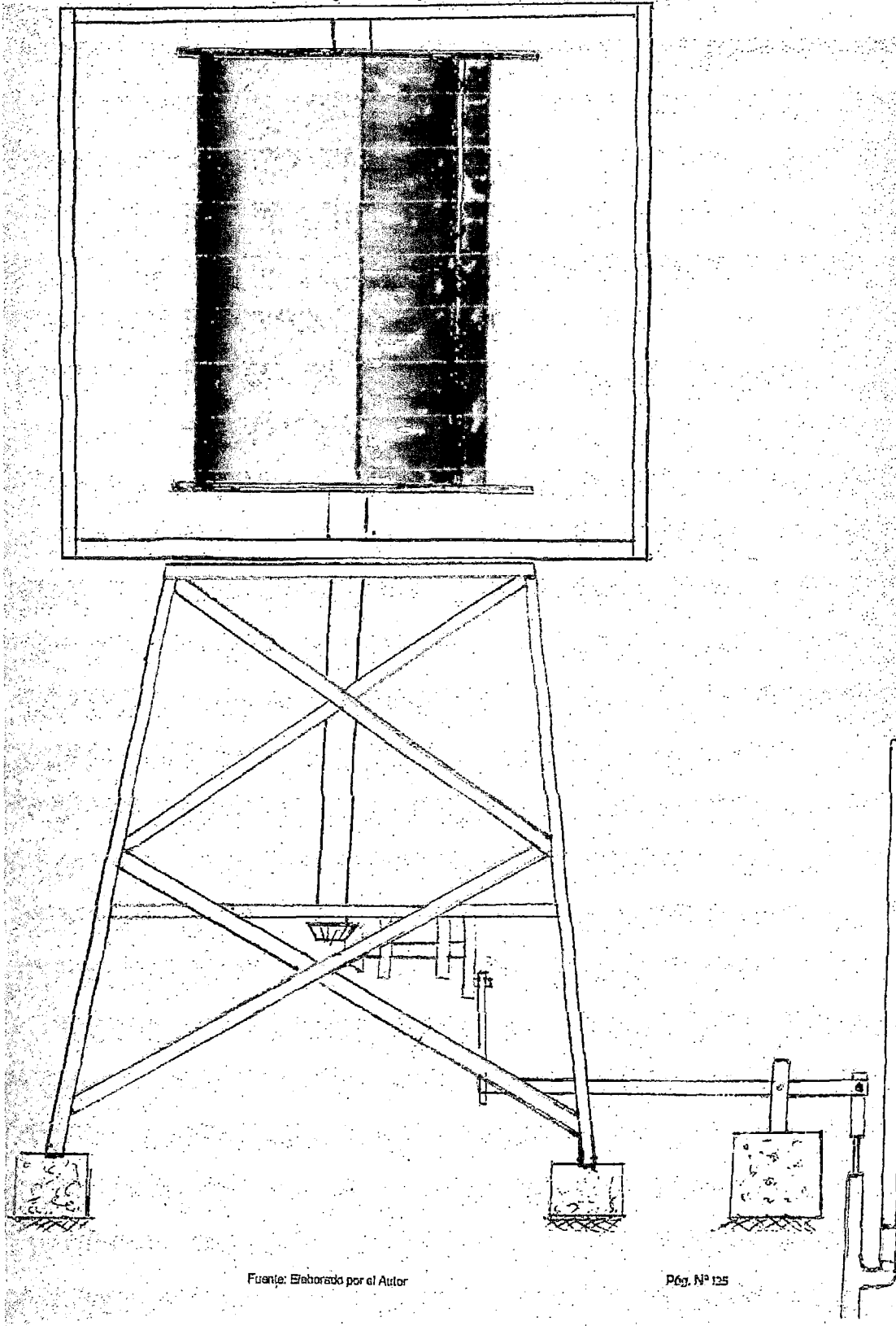
Fuente: www.solar.exclus.com364 x 812

Con mi diseño de la separación de los alabes como indica la fig. D-4 se tiene la ventaja que parte del aire impulsa al segundo alabe facilitando la velocidad de arranque teniendo ventaja en el diseño de la fig.D-5 proporcionando un prototipo más económico y se utiliza menor materia prima, menos costo de fabricación, menor peso más liviano menor torque al inicio del movimiento.

En el diseño de mi la bomba existe minima fricción porque se utilizo el tubo de un pisto de auto que internamente tiene un acabado rectificado y el pistón diseñado para resistir presión hasta 1,500 kilos trabaja con sellos el que evita fuga de agua al momento de impulsar el bombeo en comparación con el diseñado Vargas Núñez utiliza tubo de plástico como se muestra en la fig. 6-2 y tiene rugosidad internas y el pisto una esfera casera fijado a un eje mediante una plástica y tiene mayor desgaste.

Con el que se concluye mi diseño es más eficiente y el pistón de mayor duración cumpliendo el objetivo del diseño

Fig. 6 Montaje de la turbina



Fuente: Elaborado por el Autor

Pág. N° 125

g) REFERENCIALES

- **Desiré Le, Gourieres** ENERGIA RENOVABLES Italia:1º Edición, año 2008
- **Domínguez Gómez, José** ENERGÍAS RENOVABLES APLICADAS A LA EDIFICACIÓN, Santiago Durán: ETSEA 1º Edición, año 2010
- **Jarabo Friedrich, Francisco:** "EL LIBRO DE LAS ENERGIA RENOVABLES". ESPAÑA: 1ª edición, año 2005.
- **Mario Fernando Alvear Quezada, Desiré LE Gourieres.** "ENERGIA EOLICA, TEORIA, CONCEPCION Y CALCULO DE LAS INSTALACIONES". México: 10 edición , año 2011
- **Cadiz Deleito Juan Carlos.** "ENERGIA RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE". España: 1ª edición, año 2003.
- **Front Cover. Antonio Colmenar, Manuel Alonso Castro Gil, C. Sánchez Naranjo** ENERGÍA EÓLICA, Madrid: progensa 1º edición 2006
- **M. Castro Gil,** Energía Eólica, 1997, PROGNSA 2da Edición, año 2009.
- **Lucena Bonny, Antonio:** "ENERGIAS ALTERNATIVAS Y TRADICIONALES", Talasa, Ediciones S.L., 1ª edición, año 2005.



- Scarpin Gustavo Informe Técnico N° 1 a 4 –PFIP LAR3-06
Desarrollo de turbina eólica a eje vertical ecológica 2007
- Pichardo Calbet, Vicente **TURBINA SAVONIUS HELICOIDAL**,
Colombia: GrupLAC, año 2010
- R Gálvez Román sostenible **ENERGÍAS RENOVABLES**
Málaga 1ª edición- 2005
- <http://www.aeolica.es>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Energía-eólica-en-España>
- www.sica.int/.../Proyectos.aspxIDItem.
- www.es.wikipedia.org/wiki/bombas-de-agua-eolicas.
- www.biocarburante.com/aquabank-energia-por-gravedad-y-bombeo-com
- <http://www.monografias.com/trabajos/estudio-diseno-aerodinamico-aerogeneradores-verticales-tipo-giromill2>
- www.cener.com/es/catalogos/index.asp
- www.amics21.com/laveritat/generador_savonius.pdf
- es.wikipedia.org/wiki/Rotor-Savonius
- cataleg.udl.cat:2082/search~S11*cat?/c620.91+Die/c620!y.91...
- www.fing.edu.uy/.../Distribuido%20Nº%2072-2011%20Doctorado%20e...
<http://www.aeolica.es>



h) APÉNDICE

En el cuadro N° 1 podemos observar que el caudal permanece en toda época del año y en diagrama de caudal observamos como varía el caudal durante la época de lluvia y un promedio de 70 m/seg.² durante todo el año.

CAUDALES PROMEDIO DEL RIO MANTARO (m³/s)
(Estación La Mejorada)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Ene	129.9	178.2	176.9	262.3	128.0	268.3	424.0	102.7	212.3	109.7
Feb	147.3	308.4	355.3	330.0	407.3	506.9	413.2	273.0	360.3	231.1
Mar	281.6	255.6	241.7	290.9	342.1	543.9	574.1	352.2	492.7	178.7
Abr	176.4	233.0	90.2	222.3	253.4	300.5	265.0	221.5	265.3	117.4
May	83.7	93.3	69.8	81.3	143.8	149.0	120.6	114.6	141.5	77.8
Jun	79.4	78.9	70.1	80.2	88.7	102.8	101.7	98.2	107.2	80.2
Jul	81.0	78.8	69.4	80.1	89.7	97.8	96.8	94.6	98.9	75.0
Ago	83.4	81.2	74.0	85.6	91.3	104.1	95.6	93.0	100.0	86.8
Set	72.8	81.4	70.5	86.5	95.0	98.9	96.0	94.3	99.0	76.0
Oct	69.6	76.1	76.1	82.4	100.2	116.6	100.7	96.7	93.0	83.6
Nov	79.2	72.4	97.2	87.6	93.2	98.0	101.9	132.3	89.2	110.3
Dic	81.7	91.2	136.9	109.9	122.1	120.0	145.3	203.2	133.2	168.2

TRAYECTORIA - CAUDALES EN LA MEJORADA
1994-2004

Fuente: www.coes.org.pe/dataweb/2004/dtr/cia

Características

El rotor eólico que la invención propone resuelve de forma plenamente satisfactoria la problemática anteriormente expuesta, en todos y cada uno de los diferentes aspectos comentados.

Dicho rotor está configurado en base a un eje de giro vertical, al que se acoplan ortogonalmente dos soportes incluidos en respectivos e imaginarios planos paralelos, perpendiculares a dicho eje y situados en los extremos del mismo, siendo estos

soportes portadores de respectivos perfiles aerodinámicos, en adelante denominados **álabes**.

De acuerdo ya con la invención, se parte de un **perfil aerodinámico** teórico, como "perfil madre", perfil asimétrico de configuración cóncavo convexa, y de sección optimizada para que al estar bajo la acción del viento origine diferencias de presión entre las superficies del álabe, creando una gran fuerza de sustentación y una gran sustentabilidad, así como una también gran pérdida aerodinámica.

Con este perfil madre y de acuerdo ya con la esencialidad de la invención, mediante dos tipos diferentes de proyección en vertical, se obtienen dos álabes diferentes (Alfa y Beta).

- Ambos álabes trabajan de forma simultánea a sustentación y arrastre
- Estos perfiles están inclinados, es decir, desfasados sus extremos rotacionalmente, entre las bases de apoyo inferior y superior, y en vertical hacia la dirección de giro del rotor.
- Ambos perfiles alares decrecen la cuerda, a medida que avanza su proyección vertical en relación aproximada a un 5%,
- A medida que asciende su proyección en vertical, disminuye la cuerda del perfil, y además se revira la sección, manteniendo las características básicas del perfil.



ANEXOS

Rodamientos de rodillos cilíndricos

Los rodamientos de rodillos cilíndricos SKF están disponibles en muchos diseños, series y tamaños. La mayoría son rodamientos de una hilera con una jaula. La gama estándar de SKF, incluida en este catálogo, se completa con rodamientos de alta capacidad y rodamientos de una hilera y de dos hileras completamente llenos de rodillos (sin jaula).

Los rodamientos con jaula pueden soportar cargas radiales elevadas, aceleraciones rápidas y altas velocidades. Los rodamientos completamente llenos de rodillos incorporan un número máximo de rodillos y por ello son apropiados para cargas radiales muy elevadas a velocidades moderadas. Los rodamientos de rodillos cilíndricos de alta capacidad SKF combinan la alta capacidad de carga de un rodamiento completamente lleno de rodillos con la gran capacidad para soportar altas velocidades de un rodamiento con jaula.

Los factores que afectan a la vida útil y al rendimiento de los rodamientos de rodillos cilíndricos SKF incluyen, pero no se limitan a los siguientes:



Área de contacto entre las pestañas/extremo de los rodillos

Perfil logarítmico de los rodillos

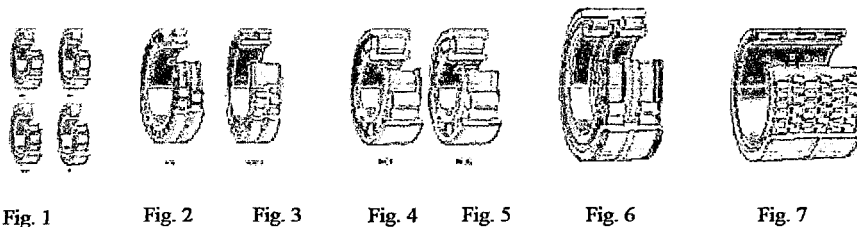
Acabado de la superficie

Componentes intercambiables

La gama de rodamientos de rodillos cilíndricos SKF incluye los diseños básicos

- rodamientos de una hilera de rodillos cilíndricos, con jaula, principalmente de los diseños NU, NJ, NUP y N (fig. 1)
- rodamientos de dos hileras de rodillos cilíndricos, con jaula, principalmente de los diseños NNU y NN (fig. 2)
- rodamientos de varias hileras de rodillos cilíndricos, con jaula (fig. 3, fig. 4)
- rodamientos de una hilera completamente llenos de rodillos cilíndricos, principalmente de los diseños NCF y NJG (fig. 5)
- rodamientos de dos hileras completamente llenos de rodillos cilíndricos, principalmente del diseño NNF (fig. 6)

rodamientos de varias hileras completamente llenos de rodillos cilíndricos, con cuatro u ocho hileras de rodillos (fig 7).



Fuente: rodamientos de rodillos cilíndricos SKF

CLASE DE MAQUINA

- Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos y aparatos para uso médico 300 - 3000
- Maquinas usadas intermitentemente o por cortos periodos, como: maquinas Herramientas portátiles, aparatos elevadores para talleres y maquinas deconstrucción 3000 – 8000
- Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos periodos o intermitentes tales como: ascensores y grúas para mercancías elevadas. 8000 - 12000
- Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: Transmisiones por engranes y machacadoras giratorias. 10000 - 25000
- Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas, como:

Maquinas herramientas, máquinas para trabajar madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipos de imprenta, separadores y centrifugas. 20000 - 30000

Como la velocidad del viento, luego de atravesar la superficie de captación, no es nula, la potencia dada por la expresión anterior no será totalmente aprovechable. Betz demostró que



la máxima energía recuperable, Como la velocidad del viento, luego de atravesar la superficie de captación, no es nula, la potencia dada por la expresión anterior no será totalmente aprovechable.

Betz demostró que la máxima energía recuperable,

Cuadro 1: Clasificación de las propiedades de los materiales de ingeniería

CLASE	PROPIEDAD
Físicas	Dimensiones y forma
	Densidad o gravedad específica
	Porosidad
	Contenido de humedad
	Macro-estructura
Químicas	Micro-estructura
	Oxido o composición compleja
	Acidez o alcalinidad



	Resistencia a la corrosión o a la intemperie
Físico-Químicas	Acción hidro-absorbente o hidro-repelente
	Contracción y dilatación debida a cambio de humedad
	Resistencia: tensión, compresión, cortante, flexión, impacto, tenacidad
Mecánicas	Rigidez
	Elasticidad y plasticidad
	Ductilidad y fragilidad
	Dureza y resistencia al desgaste
	Color específico
Térmicas	Expansión
	Conductividad
	Conductividad
Eléctricas y Magnéticas	Permeabilidad magnética
	Acción galvánica

Acústicas	Transmisión del sonido
	Reflexión del sonido
	Color
Ópticas	Transmisión de la luz
	Reflexión de la luz

El conocimiento completo del comportamiento de un material dado involucra el estudio de todas sus propiedades bajo un muy amplio rango de condiciones, más la realización de los ensayos exhaustivos necesaria o económicamente viable. La eficiencia relativa de un material para un uso específico depende del grado al cual las propiedades pertinentes estén presentes. Para algunos usos, una propiedad puede ser muy deseable, mientras que para otros usos puede ser indeseable o aun peligrosa.

