

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO Y DEL AGUA
SUBTERRÁNEA CON DOS TIPOS DE BOMBA PARA LA INSTALACIÓN
DE UN MOLINO DE VIENTO PARA LA EXTRACCIÓN DE AGUA”**

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentada por el Bachiller:

CALIXTO TOMAS ARCE SAAVEDRA

ASESOR:

Ing. M. Sc. Víctor Eudelfio Torrel Pajares

CAJAMARCA - PERÚ

- 2014 -

Universidad Nacional de Cajamarca

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962
"Norte de la Universidad Peruana"



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
Departamento Académico de Agronomía
Cajamarca - Perú Telefax 0051-044825846 Anexos 107-108



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los **catorce** días del mes de **marzo** del año dos mil **catorce**, se reunieron en el **Aula de Enseñanza Programada 2C-201** de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° **337-2014-FCA-UNC** con el objetivo de evaluar la sustentación del Trabajo de Tesis Titulada: **"INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO Y DEL AGUA SUBTERRÁNEA CON DOS TIPOS DE BOMBA PARA LA INSTALACIÓN DE UN MOLINO DE VIENTO PARA LA EXTRACCIÓN DE AGUA."**; la misma que fue sustentada por el Bachiller en Agronomía **Calixto Tomás Arce Saavedra** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

A las **dieciocho** horas y **diez** minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del Trabajo de Tesis, formulación de preguntas y la deliberación del Jurado, el Presidente del Jurado anunció la **aprobación por unanimidad** con el calificativo de **dieciséis (16)**. Por lo tanto el graduado queda expedito para que se le expida el título profesional correspondiente.

A las **diecinueve** horas y **cuarenta** minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 14 de marzo del 2014

Ing° M.Sc. Segundo César Guevara Cieza
PRESIDENTE

Ing° José Lizandro Silva Mogo
SECRETARIO

Ing° Oscar Leopoldo Sáenz Narro
VOCAL

Ing° M.Sc. Víctor Eudelfio Torrel Pajares
ASESOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis la dedico a la memoria de mis padres

CARLOS Y DESPOSORIA, quienes inculcaron en mí a una persona de

bien

A mis hijos Freddy, Rocío, Fernando, Lily, Cristhian, Roger, Analy.

A mi Esposa Santos Torres Gamboa

A los docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca de quien

recibimos los conocimientos como profesionales del agro

Y a los trabajadores del agro quien día a día produce el sustento de los

pueblos.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

Al Ing: M.Sc. Víctor Eudelfio Torrel Pajares, por haberme brindado todo su apoyo desinteresado, su asesoramiento para poder realizar mi trabajo de investigación, para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y de más docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, de quienes también recibí parte de su apoyo. Al Dr. Manuel Salomón Roncal Ordoñez, Dr. Gilberto Chávez Santacruz de la Universidad Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque, por el apoyo brindado en el desarrollo de mi trabajo de investigación.

A mis compañeros y amigos de la Universidad quienes estuvieron siempre conmigo con su apoyo, y aliento y el buen ánimo contagiante para hacer realidad lo soñado.

EL AUTOR

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
III. MATERIALES Y MÉTODOS	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	25
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
VI. BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXO	74
GLOSARIO	98

RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en el Fundo Tartar, de la Universidad Nacional de Cajamarca (distrito en Baños del Inca – Cajamarca).

Para ello se colocó un molino de viento con dos tipos de bomba de 2 y de 4 pulgadas de diámetro, sobre un pozo de agua subterránea que se perforó previamente y luego de la evaluación correspondiente de la velocidad del viento mediante un anemómetro se determinó lo siguiente:

Las velocidades medias del viento las más altas fueron agosto y setiembre con 9.01 y 9.43 m/seg respectivamente.

Que los meses, que menos llueve desde mayo hasta setiembre, se puede extraer agua con la bomba de dos pulgadas 3,727.3 m³ y con la de cuatro pulgadas 4,286.5 m³, cantidades suficientes de agua para sacar una campaña de cultivo agrícola.

En el análisis de regresión lineal se estableció que al aumentar la velocidad del viento en un metro por segundo, la producción de agua se incrementa a 37.2 m³ con la bomba de cuatro pulgadas y 27.9 m³ con la bomba de 2 pulgadas.

El análisis económico determinó que el proyecto es viable por cuanto el valor de molino de viento es de 4,000 nuevos soles con 10% de interés bancario pagaderos en doce meses a 600 nuevos soles mensuales mientras que el molino de viento su duración es de 15 a 20 años.

ABSTRACT

The work of investigation (research) was realized in the Property in the country Tartar, of Cajamarca's National University (district in Baths of the Inca - Cajamarca).

For it a windmill was placed by two types of bomb of 2 and of 4 inches of diameter, on a well of underground water that was perforated before and after the corresponding evaluation of the speed of the wind by means of an anemometer the following thing decided:

The highest average speeds of the wind were an August and September with 9.01 and 9.43 m/seg respectively.

That the months, which less it rains from May up to September, can extract water to him(you, them) with the bomb of two inches $3,727.3 \text{ m}^3$ and with that of four inches $4,286.5 \text{ m}^3$, sufficient quantities of water to extract a campaign of agricultural culture(culturing).

In the analysis of linear regression it was found that to increase the speed of the wind in a meter (underground) per second, the water production increases to 37.2 m^3 with the bomb of four inches and 27.9 m^3 with the bomb of 2 inches.

The economic analysis determined that the project is viable since the value of windmill is 4,000 new Suns with 10 payable % of bank interest in twelve months to 600 new monthly Suns whereas the windmill his (her, your) duration is 15 to 20 years.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad no hay ningún país que no tenga viento. Cajamarca no escapa a este principio natural y según datos del SENAMHI encontramos vientos con una velocidad 0.96 a 1.96 m/seg promedio y con velocidades punta de más de 6m/seg; evidencias que nos permiten realizar investigaciones con el propósito de reportar la utilidad de estas fuentes de energía natural, sin alterar significativamente el ecosistema. Por otro lado el agua considerada subterránea del área de investigación en el fundo Tartar de la UNC – Baños del Inca - Cajamarca, están muy próximo a la superficie del suelo, éstos acuíferos presentan condiciones hidrogeológicas óptimas para la explotación mediante pozos por la facilidad de su extracción, para ser utilizados en la explotación agropecuaria.

Según información proporcionada por el SENAMHI hay condiciones suficientes, de realizar investigación de operatividad de cualquier tipo de aerobomba con fines de irrigación en pequeña escala. Este tipo de investigación es importante realizarlo debido a que en la región Cajamarca la sequía se presenta en forma periódica durante el año época necesaria para la actividad de regadío y muy oportuno la utilización de las aguas subterránea está notablemente establecida haciéndose necesario el uso del recurso agua en forma ordenada, que se puede conseguir utilizando implementos eficientes mediante la energía eólica.

Por las razones expuestas, se da el presente trabajo de investigación, cuyo aporte estará al alcance de estudiantes, agricultores y técnicos que tienen que ver con la práctica del desarrollo agropecuario regional.

1.1. Problema

Se desconoce la influencia de la velocidad del viento en la extracción del agua subterránea con dos tipos de bombas mediante un molino de viento en el fundo Tartar - Baños del Inca – Cajamarca,

1.2. Objetivos

- a) Conocer la influencia de la velocidad del viento en diferentes meses del año, en la extracción del agua del subsuelo con dos tipos de aerobombas.
- b) Evaluar el funcionamiento del molino de viento para la extracción de agua, en dos modelos bombas de pistón de 2" y 4" de diámetro para los años, 2009 - 2012, en el Fundo Tartar de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.3. Hipótesis

Si se conoce la velocidad del viento, entonces se conocerá el volumen de agua subterránea con un molino de viento con un pistón de diámetro conocido.

1.4. Variables

1.4.1. Variables independientes

- Velocidad del viento
- Época del año.
- Nivel freático
- Molino de viento

1.4.2. Variable dependiente

- Volumen de agua extraída en L/seg

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes históricos del molino de viento

Hasta la aparición de la máquina de vapor en el siglo XIX, la única energía de origen no animal para realización de trabajo mecánico era la proveniente del agua o del viento. La primera y más inmediata forma de aprovechamiento de la energía eólica ha sido desde los tiempos más remotos aplicada a la navegación; las primeras referencias de la utilización de embarcaciones a vela procedente de Egipto y datan del IV ó V milenio antes de J.C. (http://es.wikipedia.org/wiki/Viento#Efectos_de_los_vientos. Monografía)

Los molinos de viento existían ya en la más remota antigüedad. Persia, Irak, Egipto y China disponían de máquinas eólicas muchos siglos antes de J.C.; Hammurab I. rey de Babilonia, 17 siglos antes de J.C. utilizó molinos accionados por el viento para regar las llanuras de Mesopotamia y para la molienda del grano. Se trataba de primitivas máquinas eólicas de rotor vertical con varias palas de madera o caña, cuyo movimiento de rotación era comunicado directamente por el eje a las muelas del molino. En China hay referencias de la existencia de molinos de rotor vertical y palas a base de telas colocadas sobre un armazón de madera, que eran utilizados para el bombeo de agua, máquinas conocidas como panémonas, precursoras de los molinos persas. El egipcio Hero de Alejandría representa en un estudio un molino de eje vertical de cuatro palas.

(http://es.wikipedia.org/wiki/Viento#Efectos_de_los_vientos. Monografía)

2.2. Viento

Es imposible subestimar la importancia que los vientos tienen para la vida de animales y plantas, para el restablecimiento del equilibrio en la atmósfera y, lógicamente, para la producción del ciclo hidrológico. Es por ello que, lo mismo que puede decirse con relación al ciclo hidrológico, el viento constituye uno de los factores esenciales que explican la vida sobre la superficie terrestre. Sin la existencia de los vientos, la vida para animales y plantas sería imposible.

(http://es.wikipedia.org/wiki/Viento#Efectos_de_los_vientos. Monografía)

TABLA 1. Escala de Beaufort cuando no se cuenta con anemómetro.

Nº BEAUFORT	VELOCIDAD DEL VIENTO		DESCRIPCIÓN GENERAL	CRITERIOS EN TIERRA
	Km/h	m/s		
0	0/0,7	0/0,2	Calma	El humo sube verticalmente.
1	01-may	0,3/1,5	Aire ligero	El humo se inclina pero no se mueven las veletas.
2	06-nov	1,6/3,3	Brisa ligera	Se nota el viento en la cara. Las hojas se mueven y las veletas giran.
3	dic-19	3,4/5,4	Brisa suave	Hojas y ramitas en movimiento continuo. Se agitan las banderitas.
4	20/28	5,5/7,9	Brisa moderada	El viento levanta polvo y hojas de papel. Las pequeñas ramas se agitan.
5	29/38	8,0/10,7	Brisa fresca	Los árboles pequeños se balancean. Se originan olas en los estanques.
6	39/49	10,8/13,8	Brisa fuerte	Las grandes ramas se agitan. Los hilos eléctricos vibran.
7	50/61	13,9/17,1	Viento moderado	Los arboles se agitan. Es desagradable caminar cara al viento.
8	62/74	17,2/20,7	Viento fresco	Se rompen las ramas pequeñas. Se camina mal cara al viento.
9	75/88	20,8/24,4	Muy duro	Ocurren leves daños en los edificios (se desprenden tejas y cabezas de chimeneas).
10	89/102	24,5/28,4	Temporal	Se experimentan rara vez en la tierra. Los arboles son arrasados de raíz, ocasionan considerables daños en los edificios.
11	103/117	28,5/32,6	Borrasca	Se experimentan raras veces, ocasionan daños generales.
12	118	32,7	Huracán	

(http://es.wikipedia.org/wiki/Viento#Efectos_de_los_vientos. Monografía)

2.3. Teorías de la velocidad del viento

Las diferencias térmicas, generadas por calentamiento no uniforme en el suelo originan diferencias de presión entre puntos de la superficie terrestre la que a su vez está en rotación sobre un eje.

Las diferencias de presión provocan aceleraciones del movimiento del aire, inicialmente desde la zona de mayor presión a la de menor, siendo el viento una consecuencia de estas aceleraciones

Al analizar los vientos, vemos que éstos se insertan en un complejo sistema sometido a un sin número de aceleraciones, algunas inerciales que nunca llegarían a determinar un estado de equilibrio final.

El viento, a su vez, transporta vapor de agua, pudiendo favorecer su concentración y dar lugar a la formación de nieblas, nubes y precipitaciones.

(http://es.wikipedia.org/wiki/Viento#Efectos_de_los_vientos. Monografía)

2.2 Efecto coriolis. El efecto coriolis, descrito en 1836 por el científico francés Gaspard-Gustave Coriolis, es el efecto que se observa en un sistema de referencia en rotación (y por tanto no inercial) cuando un cuerpo se encuentra en movimiento respecto de dicho sistema de referencia. Este efecto consiste en la existencia de una aceleración relativa del cuerpo en dicho sistema en rotación. Esta aceleración es siempre perpendicular aleje de rotación del sistema y a la velocidad del cuerpo.

(http://es.wikipedia.org/wiki/Viento#Efectos_de_los_vientos. Monografía)

2.3 La velocidad del viento

El viento produce energía porque está siempre en movimiento. El contenido energético del viento depende de su velocidad (http://es.wikipedia.org/wiki/Viento#Efectos_de_los_vientos. Monografía)

2.2.1 Los vientos en el mundo

El viento, cuando sopla con fuerza, recibe distintos nombres, según las diferentes áreas del mundo: ciclones, huracanes, tornados, etc.

Cuando el viento supera los 119 km por hora se llama huracán. La palabra huracán viene del nombre del dios de la tormenta del Oeste en la India. En el océano Pacífico estas tormentas se llamaban tifones y en Australia son conocidas como Willy Willies.

El tornado es un violento embudo giratorio de nubes que se extiende a nivel del suelo. Son muy frecuentes en Norteamérica. Los vientos pueden girar incluso a 380 km por hora, más rápido que ningún otro viento de la tierra (http://es.wikipedia.org/wiki/Viento#Efectos_de_los_vientos. Monografía)

2.6. Clasificación de los vientos

2.6.1. Vientos globales: Son las líneas generales de movimiento del viento en el mundo, ya que se generan por la diferencia de calor en las grandes masas de la tierra y el agua.

2.6.2. Vientos estacionales: Las estaciones se forman por el giro de la tierra según se acerca al sol. Las estaciones ocasionan diferencias anuales en los sistemas meteorológicos en el mundo, ya que tanto la tierra como el agua se calientan a distintos niveles a lo largo del año.

(http://es.wikipedia.org/wiki/Viento#Efectos_de_los_vientos. Monografía)

2.6.3. Vientos locales: donde existen dos categorías:

- a.- El viento que sólo se siente en una zona porque la forma de la tierra o su situación con respecto a una masa de agua genera un movimiento de aire específico.
- b.- Viento que la gente de una zona considera propio a pesar de que puede haberse originado muy lejos de esa zona (http://es.wikipedia.org/wiki/Viento#Efectos_de_los_vientos. Monografía)

2.6.4. Vientos giratorios: Suelen ser los más dramáticos de todos los movimientos de aire. Tienen distintas formas y tamaños que van desde el destructivo huracán al más pequeño remolino de polvo.

2.7. El agua. es uno de los recursos determinantes en la producción agrícola y pecuaria así como para ubicar los lugares de vivienda; se considera que el 97 % se encuentra en los océanos con 35 mg /l de sales, el 2 % de hielo en casquetes polares y glaciares; 0.3 % en la atmósfera, el 0.1 % en lagos y ríos; el 0.6 % en acuíferos subterráneos y la mitad de éstos se encuentran a 800 m de profundidad, en lagos ríos y acuíferos superficiales se calcula que existe $5 \times 10^{15} \text{ m}^3$ de agua de la cual dependen 6,000000,000 de personas de ella y si a esto le sumamos que los niveles freáticos, se encuentra considerablemente muy cerca a la superficie.

(http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/wres/weibull.htm.)

2.8. La gravedad. Jala el agua con dirección al centro de la tierra por los poros, micro poros o las fracturas o huecos que se producen en las rocas (JIMÉNEZ 2006)

2.9. La roca madre. Es una capa de material muy consistente que se encuentra a diferentes niveles después de los estratos según suelo de cultivo.

La roca puede estar constituida de granos de cuarzo, granito, caliza. Tanto la roca como la arcilla se comportan como capas impermeables que dan origen a la circulación horizontal del agua subterránea (**JIMÉNEZ 2006**).

2.10. Calidad del agua subterránea el agua subterránea. Como uno de los disolventes universales más importante puede contener sustancias químicas diversas, elementos químicos industriales, mineros, domésticos de agricultura, plaguicidas, herbicidas, coliformes fecales, sales solubles al atravesar suelos calcáreos, puede contener cal por lo tanto sería necesario agregar cloro para matar posibles bacterias peligrosas (**JIMÉNEZ 2006**)

2.11. ¿Cómo funcionan los molinos de viento para extraer agua de pozos?

El molino de viento, entre otras cosas, puede servir para mover artefactos como en este caso, una bomba hidráulica. Principalmente lo que produce es electricidad, por eso, deberían llamarse más apropiadamente aerogeneradores o turbinas eólicas. Y en el caso de las bombas, podría llamarse bombas de agua eólicas.

El molino de viento para el bombeo de agua, lo que hace es transformar la energía del viento, es decir, la energía eólica en energía mecánica. Esto a su vez mueve una bomba que traspasa el agua desde un lugar a otro, no importa si no están al mismo nivel.

Este tipo de molinos funciona autónomamente, siempre que sopla un poco de viento.

Ahí puedes ver como los molinos ayudan a la elaboración de algunos productos.

2.12. Clases de Molino de Viento:

a.- Veloces

b.- Lentos

c.- Rotor fijo

d.- Rotor movable

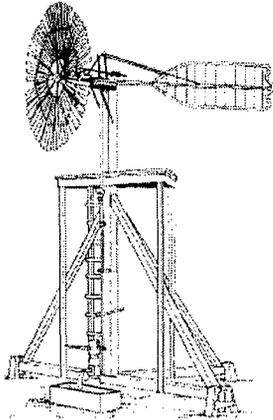
e.- A sotavento

j.- A barlovento

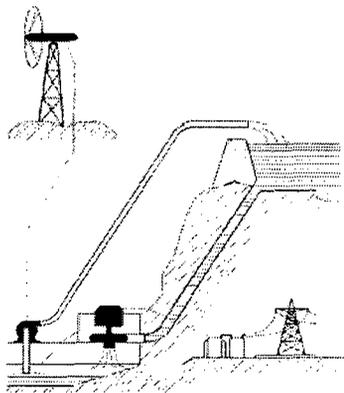
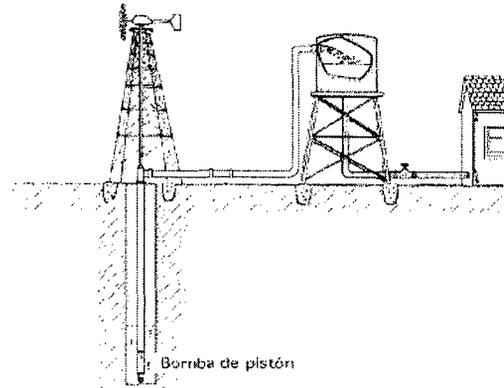
k.- De eje vertical

l.- De eje horizontal

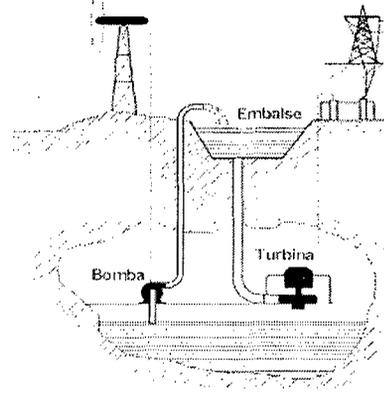
**FIGURA 1. Molino de viento multipala
cisterna para extraer agua**



**FIGURA 2. Molino de viento multipala con
para extraer agua**



Multipala y generador de corriente electrica



Multipala y generador de corriente electrica

FIGURA 3. Molino multipala

**FIGURA 4. Algunas aplicaciones de bombeo de
bomba de pistón**

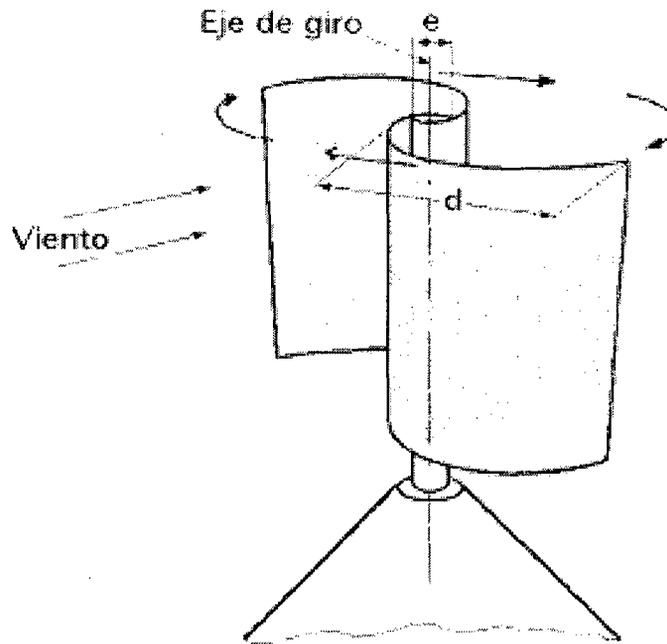


FIGURA 5. Aerogenerador Savonius.

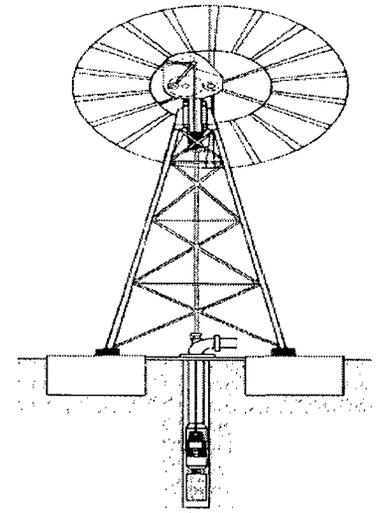


FIGURA 6. Molinos multipala

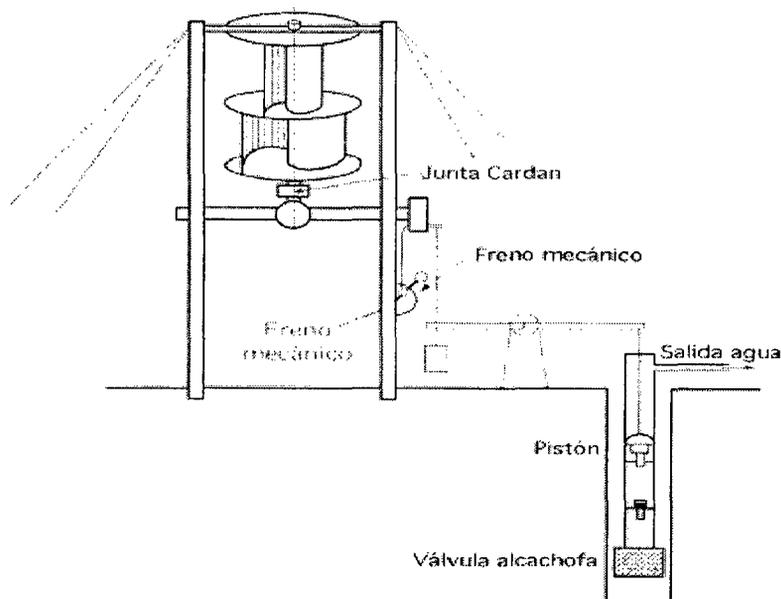


FIGURA 7. Instalación de bombeo mediante un rotor Savonius

2.12 Eficiencia de funcionamiento de las aerobombas

Las aerobombas son máquinas que aprovechan la energía cinética de las masas de aire en movimiento, son específicamente máquinas de potencia variable, se puede demostrar que ésta es proporcional al cubo de la velocidad del viento.

Aunque estos mecanismos han sido construidos desde hace siglos atrás, hoy en día hay en muchas partes del mundo y en nuestro país.

En la valuación de las aerobombas tipo Miramar de Chacupe y Chilape con fines de adaptación para su uso alternativo bombeo de agua y generación de energía eléctrica, concluye que las velocidades del viento son relativamente altas, susceptibles a ser aprovechados con fines energéticos, en la zona de influencia del grupo aéreo, la media mensual es de 6.11 m/s, Las mayores velocidades del viento se encuentran en los meses de junio y julio alcanzando valores de 7.4 m/s y las menores de en los meses de febrero y marzo llegando a 4.92 m/s. El caudal es de 8 litros/segundo con un nivel dinámico de 5.70 m: La velocidad de diseño de la aerobomba en las zonas de trabajo es de 7.50 m/s. La potencia del diseño de la aerobomba es de 413.43 watts **(CASTILLO Y ROJAS 1990)**

Diseño de un molino de viento para generación de energía eléctrica en la zona rural de la localidad de Jayanca, en el sector rural de Jayanca, no se dispone de energía eléctrica, siendo la energía eólica una alternativa para tal fin. La velocidad del viento promedio en la zona es de 5.07 m/s, Las mayores velocidades se presentan entre agosto y setiembre alcanzando una velocidad promedio mensual 5.84 m/s y las menores velocidades en los meses de marzo, abril y junio, llegando a una velocidad mensual de 4.2 m/s. La demanda máxima de energía diaria por usuario es de 150. Watts en promedio de acuerdo a las encuestas realizadas. De acuerdo a los resultados obtenidos es factible el diseño y construcción de molinos de viento con fines de uso doméstico, teniendo en cuenta que los valores promedio de viento mensual oscilan entre 4 a 10 m/s y 6.8 m/s. Las características del molino de viento son: Rotor de plancha metálica, número de palas 02 (tipo windcharger), Alternador: Tensión 12 V, Frecuencia 60 HZ, corriente continua velocidad angular 2000 rpm, estructura de eucalipto **(ROJAS 1999)**

Reportado por Castillo 1996, indica que la energía eólica se emplea actualmente en todas las regiones del globo, especialmente en las regiones áridas o semiáridas: Oeste de EEUU, Argentina, Uruguay, cuenca del Mediterráneo, Australia, Sud América, Siberia, etc. Donde funcionan varios cientos de molinos de viento.

En el Perú existen muchas regiones que pueden reunir las condiciones convenientes; régimen adecuado de los vientos posibilidades de desarrollo agrícola, y agua subterránea. Bastemos señalar los desiertos de Ica especialmente en la zona de Paracas, de evidentes posibilidades. El caso de la planicie de Lesition en Creta, puede ser muy ilustrativo de lo que podríamos hacer en nuestro país, en ese lugar muy concretamente unos diez mil molinos pequeños, cada uno de los cuales bombea entre 35 y 50 m³ de agua de una profundidad de 15 metros, en una a 10 horas al día, un cálculo simple nos hace ver que la potencia que representa ese trabajo no baja de 2,500 HP y que el volumen de agua elevada puede alcanzar 430,000 m³ diarios **(ALMENARA 1965)**

Molinos de viento, son las máquinas típicas para el bombeo de agua de pozo aprovechando la energía eólica. Su mecanismo suele ser notablemente sencillo; las aspas del molino impulsadas por el viento hacen girar un juego de engranajes que impulsa una o más bielas en un movimiento alternativo hacia arriba y hacia abajo, que se transmite por medio de una cruceta y un vástago largo al embolo de la bomba, que se halla dentro del pozo. Existen en general dos tipos de molino de viento; los de caja de engranaje cerrada y los con engranajes abiertos. En el tipo mencionado en primer término, los engranajes giran dentro de una caja cerrada de diseño especial para evitar la entrada de polvo, en un baño de aceite cuyo nivel debe estar más bajo que el eje matriz, los engranajes al girar elevan el aceite hasta los piñones, el que cae sobre los cojinetes de los engranajes grandes. Sobre el eje superior de los brazos de las bielas esta generalmente suspendido un anillo aceitador que lubrica las de más piezas con el aceite que arrastra luego de sumergirse en el. Actualmente se ha difundido para la lubricación de las guías y pernos superiores de las bielas, otro dispositivo que consiste en una pequeña bomba a pistón, accionada por el vástago principal y que impulsa hacia los órganos mencionados una abundante corriente de lubricante.

La bomba principal para el agua es de tipo pistón con tapas de bronce y válvulas de cuero o goma. La válvula de pie puede ser del tipo esférico o charnela **(SHELL- MEX, ARGENTINA LTD 1947)**

El tipo de engranajes abiertos funciona bajo principios similares al interior. Para su lubricación deberá usarse aceite para máquinas y efectuar los cuidados adecuados en intervalos más frecuentes.

La utilización del viento como fuente de energía renovable no es una novedad, se remonta a muchos siglos antes de Cristo y hay razones para creer que fue usado en el antiguo Egipto (2000 A.C). En la antigua Persia (600 A.C), se emplearon molinos de viento de eje vertical. Durante la edad media, la idea

Molino de Viento fue llevada a Europa. En el Siglo XII, (norte de Alemania, países bajos y Portugal) se utilizaron molinos con pocas aspas y eje horizontal, orientables en la dirección del viento. Actualmente, en la isla de Creta, se hace un uso intensivo de molinos de viento con rotor de aspavela. En el Perú los campesinos de Miramar y Vichayal utilizan molinos de viento contruidos de madera y esteras, para bombear agua con fines de riego en las riberas del rio Chira, en Piura. También en los departamentos de Arequipa, Puno y Piura existen pequeños talleres que producen molinos de viento empleando un sistema de construcción artesanal.

La abundancia y el bajo costo de los combustibles fósiles (petróleo) a principios de nuestra era industrial, fue desplazando el uso de molinos de viento de grandes dimensiones, subsistieron sin embargo, los molinos de viento destinados al bombeo de agua en zonas rurales.

La actual crisis energética obliga a reconsiderar al viento como una fuente alternativa de energía, y los nuevos conocimientos así como las investigaciones modernas han incrementado enormemente la eficiencia de los equipos eólicos destinados, inclusive a la generación de electricidad **ITINTEC 1981)**

En todos los pueblos pequeños del país, el problema es el agua, unos lo traen desde lejanos represamientos cordilleranos y otros la tienen a la mano y hasta pueden servirles de una pequeña central hidroeléctrica, la mayoría viven de la voluntad de las lluvias y muy pocos saben aprovechar debidamente de las aguas subterráneas **(ESCOBAR 1965)**

2.13. Selección de una Muestra en Diseños Experimentales

En cualquier problema de Diseño Experimental, es importante la selección del tamaño de muestra o del número de réplicas a emplear, puede obtenerse una o varias observaciones en cada unidad experimental. Las unidades experimentales deben contar con toda la información necesaria para tomar una decisión informada **(MONTGOMERY 1996)**

2.14. Prueba de significación de Tukey

Es un procedimiento que se utiliza para comparar todas las parejas de medias. Esta prueba no requiere de una prueba previa de análisis de varianza, pero requiere una prueba previa de homogeneidad de varianzas **(DI RIENZO 2005)**

2.15. Medidas de forma

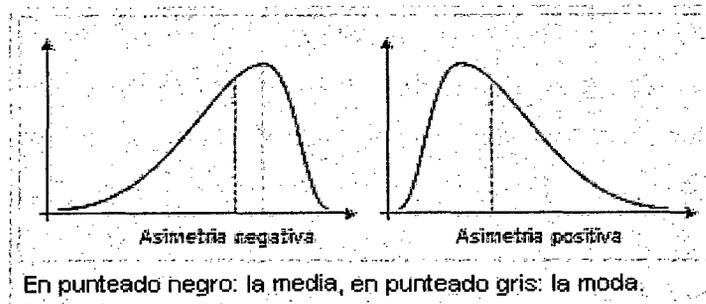
La forma de la distribución puede ser determinada calculando algunas medidas como el coeficiente de asimetría y el de apuntamiento o kurtosis, o a través de histogramas (distribuciones de frecuencia), diagramas de caja y tallos (SUÁREZ 2011).

2.16. Coeficiente de sesgo o asimetría

Este coeficiente es la medida de una distribución de probabilidad con respecto a su dispersión. Las medidas de asimetría son indicadores que permiten establecer el grado de simetría (o asimetría) que presenta una distribución de probabilidad de una variable aleatoria sin tener que hacer su representación gráfica. Si el coeficiente es igual a cero (Sesgo = 0), la distribución será simétrica. Si es mayor que cero la distribución es asimétrica positiva, es decir, hay mayor peso a la izquierda de la distribución. En el caso de que el coeficiente de asimetría sea menor que cero, la distribución será asimétrica negativa, o con mayor peso en los valores altos de la distribución.

El coeficiente de asimetría o sesgo, para este estudio es positivo, muy cercano a cero ($g_1=1.74$), que es mayor que cero, por lo tanto la forma de la distribución es asimétrica positiva, es decir hay mayor peso a la derecha de la distribución, es decir, si hay valores más separados de la media a la derecha. [http://es.wikipedia.org/wiki/Asimetr % C3 % ADa_estad % C3 % ADstica](http://es.wikipedia.org/wiki/Asimetr%C3%ADa_estad%C3%ADstica).

Indica que las medidas de **asimetría** son indicadores que permiten establecer el *grado de simetría* (o asimetría) que presenta una distribución de probabilidad de una variable aleatoria sin tener que hacer su representación gráfica. Como eje de simetría consideramos una recta paralela al eje de ordenadas que pasa por la media de la distribución. Si una distribución es simétrica, existe el mismo número de valores a la derecha que a la izquierda de la media, por tanto, el mismo número de desviaciones con signo positivo que con signo negativo. Decimos que hay asimetría positiva (o a la derecha) si la "cola" a la derecha de la media es más larga que la de la izquierda, es decir, si hay valores más separados de la media a la derecha. Diremos que hay asimetría negativa (o a la izquierda) si la "cola" a la izquierda de la media es más larga que la de la derecha, es decir, si hay valores más separados de la media a la izquierda, Ver figuras 8



(http://es.wikipedia.org/wiki/Asimetr%C3%ADa_estad%C3%ADstica).

FIGURA 8. Asimetría

2.15. Coeficiente de apuntamiento o kurtosis

Mide que tan puntiaguda es la distribución, si el coeficiente de apuntamiento es igual a 3, la distribución es mesocúrtica y no tiene picos altos ni bajos, si el coeficiente es menor de 3 la distribución es relativamente plana o platicúrtica, y si éste es mayor de 3 la distribución es muy apuntada o leptocúrtica.

El coeficiente de apuntamiento o Kurtosis en el presente trabajo es positivo con un valor de 3.27, como el valor es mayor de 3, por lo que la distribución es leptocúrtica o puntiaguda (**VALDELOMAR 2011**)

Curtosis La curtosis es una medida de la forma. Así, las medidas de curtosis tratan de estudiar la proporción de la varianza que se explica por la combinación de datos extremos respecto a la media en contraposición con datos poco alejados de la misma. Una mayor curtosis implica una mayor concentración de datos muy cerca de la media de la distribución coexistiendo al mismo tiempo con una relativamente elevada frecuencia de datos muy alejados de la misma. Esto explica una forma de la distribución de frecuencias con colas muy elevadas y un centro muy apuntado (**VADELOMAR 2011**)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

El presente estudio se realizó en el fundo Tartar, perteneciente a la Universidad Nacional de Cajamarca, distrito de Baños del Inca provincia y departamento de Cajamarca, a 2,680 m.s.n.m, coordenadas UTM 780 015, E. 9 208 772, N.

Tiene un extensión total de 14.5 hectáreas de las cuales 7 hectáreas se encuentran con pastos cultivables permanentes, con una asociación "ryegrass" *Lolium multiflorum* y trébol blanco *Trifolium repens*. y 7.5 para cultivos de pan llevar.

Topografía. El relieve es plano y está comprendido dentro del Valle de Cajamarca en la cuenca del Río Cajamarquino.

Condiciones climáticas.

- La precipitación anual es de 496.6 ml.
- La humedad relativa media es de 51%.
- Promedio del viento 0.96 a 1.96 y con velocidad punta más de 6 m/seg.
- Durante los doce meses en los años 2000 al 2004.

3.2. Recursos naturales

3.2.1. Recurso eólico: los vientos se hacen presente con mayor notoriedad a partir de las 9:30 am hasta las 5:00 pm

3.2.2. Suelo. Es franco arenoso con un pH de 7.97, moderadamente alcalino el cual se le practicó una calicata estableciéndose en ella tres horizontes

- **Ap.** – de 20 a 22 cm de profundidad.
- **B1** – de 40 a 46 cm de profundidad

3.2.3. Recurso hídrico. La napa freática se encuentra a 1.40 m de la superficie del suelo, para evaluarlo se ha construido un pozo de 1.10 m de diámetro y por 2 m de profundidad.

Descripción de perfil del suelo del área en estudio

TABLA 2. Calicata CA-01

Ubicación	Fundo Tartar, Universidad Nacional de Cajamarca
SoilTaxonomy	Orden: Mollisols; Sub Orden: Udolls; Gran Grupo: Calcudolls; Sub Grupo: TypicCalcudolls.
Clasificación FAO	Phaeozems
Clasific. por Uso Mayor	Tierras aptas para Cultivos Permanentes, de calidad agrológica media, con limitaciones de suelo y clima. C2sc
Fisiografía	Terraza media.
Micro relieve	Plano.
Altitud	2 680 m
Coordenadas UTM	780 015 m Este y 9'208 772m Norte
Material Parental	Depósitos aluviales dejados por el río Chonta
Textura	Moderadamente gruesa
Drenaje natural	Bueno, con inclusiones de drenaje imperfecto en profundidad
Reacción del suelo	Moderadamente alcalino
Pendiente	Plana a casi a nivel (4%)
Profundidad efectiva	Superficiales
Pedreg. Superficial	Libre de piedras (0%)
Erosión Hídrica	Nula
Salinidad y/o Sodicidad	Muy ligeramente afectados de excesos de sales y sodio
Riesgo de anegamiento	Sin riesgo o peligro de inundación
Ap. 00 – 20/22 cm.	Horizonte de color pardo grisáceo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; textura franco arenoso; de estructura en bloques subangulares, finos y medios, grado moderado; consistencia firme en húmedo y adhesivo en mojado; reacción moderadamente alcalino (pH 7.97); nivel medio de materia orgánica (MO: 3.18%);medios en nitrógeno total (N: 0.18%); altos en fósforo disponible (P: 19.15ppm);medios en potasio disponible (K: 203.29ppm); nivel alto en capacidad de cationes de cambio (CCC: 15.27 me/100g);nivel medio de calcáreo total (CaCO ₃ : 3.98 %); saturación de bases alta (SB: 92.20%);sin problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0.00 me/100g); muy ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.95 dS/m); escasas moteaduras de color pardo oscuro (7.5YR3/4); horizonte con buen desarrollo de raíces finas y escasas medias, buena actividad biológica, escasas gravillas de cantos rodados en más o menos 2%, limite claro ondulado.

B1 20/22-40/46 cm.	Horizonte de color pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo; textura franco arcillo arenoso; de estructura columnar, medios, grado moderado; consistencia muy firme en húmedo y adhesivo en mojado; reacción moderadamente alcalino (pH 7.97); nivel bajo de materia orgánica (MO: 1.83%);bajos en nitrógeno total (N: 0.10%); altos en fósforo disponible (P: 19.71 ppm);medios en potasio disponible (K: 210.42 ppm); nivel alto en capacidad de cationes de cambio (CCC: 15.25 me/100 g);nivel alto de calcáreo total (CaCO ₃ : 5.80%); saturación de bases alta (SB: 98.04%);sin problemas de toxicidad por aluminio (Al: 0.00 me/100g); muy ligeramente afectados por sales y sodio (CE: 0.45 dS/m); con abundantes moteaduras de color pardo fuerte (10YR5/8) en aproximadamente un 30% del horizonte; horizonte con escasas raicillas que llegan hasta los 40 cm de profundidad, escasa actividad biológica, escasas gravillas en más o menos 2%.
C 40/46-100 cm a más	Horizonte constituido por abundantes piedras, gravas y gravillas de cantos rodados de areniscas, calizas más arenas gruesas, sin raíces y sin actividad biológica visible.

Fuente: tecnología y desarrollo agrícola J.D S.R.

Ubicación de perfil representativo

TABLA 3. Georeferenciación de la calicata

PERFIL	COORDENADAS UTM		ALTITUD (M.S.N.M)	UBICACIÓN DEL PERFIL
	Este	Norte		
CA-01	780 015	9 208 772	2 680	Fundo Tartar de UNC

Fuente: tecnología y desarrollo agrícola J.D S.R.L

- 3.3. INSTRUMENTOS, EQUIPO Y MATERIALES UTILIZADOS.** Para la realización del proyecto se empleó trabajo de campo, de taller. y de gabinete

3.4.1 materiales, equipo y herramientas de campo.

Materiales

Arnés de seguridad

Balde

Bolsas de polietileno

Botas de jebe

Cemento

Wincha

Lápiz

Libreta de apuntes

Limón

Linterna

Pintura

Reloj

Sogas

Equipos

Anemómetro

Cámara fotográfica

GPS

Herramientas

Barreta

Palanas

Picos

Materiales y equipo de taller

Agua

Ángulo ¼ pulgada

Brocas de 7/16 y 5/8 de pulgada

Carburo de calcio

Cartón cartulina

Compas de puntas

Electrodos punto azul de 5/32 de pulgada

Encendedor

Esmeril eléctrico

Máquina de soldadura autógena

Máquina de soldadura eléctrica

Martillo

Plancha galvanizada de 1/32 pulgada

Punto centro

Rayador

Torno

3.5. METODOLOGÍA

3.5.1 Fase de campo

a. Evaluaciones durante la conducción del experimento

Velocidad del viento según turno (mañana, tarde) durante un año desde enero hasta diciembre del 2000

Orientación según puntos cardinales

Volumen de agua extraída según capacidad 2 y 4 pulgadas.

b. Perforación del pozo

Metodología. Para la perforación del pozo se utilizó pico y palana sacando primero la capa arable y luego se encontró muy superficialmente hormigón y canto rodado no se hizo esperar la presencia de agua por lo que fue necesario utilizar una moto bomba como ayuda para seguir sacando el agua y el hormigón, con la finalidad que no se caiga las paredes del pozo se colocó los anillos de cemento teniendo en cuenta que las cejas hembra y macho sean compatibles uno del otro, de este modo se fue sacando el hormigón y los anillos solos se introducían al extraer el contenido que se encuentra en el centro es importante mencionar que los anillos tienen huecos en las paredes de dos pulgadas con la finalidad que el agua pueda ingresar por los laterales y no solamente por la base

c. Evaluación de nivel freático

Nivel freático fluctuante: al realizar la perforación del pozo manantial se encontró agua a 1.20 m de profundidad, dicho pozo perforado tiene de diámetro 1.10 m de diámetro. X 2 m de profundidad. Al realizar la extracción del agua se comprobó que el agua bajó su nivel hasta 20 cm de profundidad. En lo cual se estabilizo, para esto se utilizó dos motobombas de 5.5 HP y de 7.5 HP.

Nivel freático permanente: A partir de 1.40 m de profundidad el agua no disminuye su nivel freático, pues se calcula que habría una capa de agua en los micro y macro poros del sub suelo de unos 10 m / 3, de agua por hectárea por cada milímetro de profundidad.

Universidad Nacional de Colombia- Bogotá Ing. González Murillo. El agua en suelos saturados.

Volumen/ hectárea = $10,000 \text{ m}^2 / 0.020 = 200\text{m}^3/\text{hectárea}$

3.5.2. Fase de gabinete

- a. Recopilación de datos de la estación meteorológica SENAMHI - UNC
- b. Procesamiento de datos.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico del presente trabajo de investigación se emplearon los siguientes Modelo

Minitad Modelo A,B,C cruzados

Modelo estadístico

Términos en el modelo

Factores A, B cruzados

$$Y_{ijk} = m + a_i + b_j + ab_{ij} + e_{k(ij)}$$

A B A * B

Factores A, B, C cruzados

$$Y_{ijkl} = m + a_i + b_j + c_k + ab_{ij} + ac_{ik} + bc_{jk} + abc_{ijk} + e_{l(ijk)}$$

A B C A * B A * C B * C A * B * C

3 factores anidados

(B dentro de A,

C dentro de A y B)

$$Y_{ijkl} = m + a_i + b_j(i) + ck(ij) + e_{l(ijk)}$$

A B(A) C (AB)

Cruzado y anidado

(B anidado dentro de A,

Ambos cruzados con C)

$$Y_{ijkl} = m + a_i + b_j(i) + c_k + ac_{ik} + bc_{jk(i)} + e_{l(ijk)}$$

A B (A) C A * C B * C

En los modelos de Minitab se omite los subíndices, m, e, y + que aparecen en los modelos de los libros de texto. Se utiliza un * para un término de interacción y los paréntesis se utilizan para la anidación. Por ejemplo, cuando B se anida dentro de A, se ingresa B (A), y cuando C se anida tanto dentro de A como B, se ingresa C (A B). Ingrese B(A) C(B) para el caso de 3 factores anidados secuencialmente. Los términos entre paréntesis siempre son factores en el modelo y se ingresan separados por espacios en blanco. De esta manera, D * F (A B E) es correcto pero D * F (A * B E) y D (A * B * C) no lo son. Además, no se puede utilizar un conjunto de paréntesis dentro de otro conjunto. De esta manera, C (A B) es correcto pero C (A B (A)) no lo es. Un término de interacción entre un factor anidado y el factor dentro del cual es anidado no es válido.

Se aplican algunas reglas especiales a la asignación de nombres de columnas. Se omitir las comillas que encierran a los nombres de variables. Por esta razón, los nombres de variables deben comenzar con una letra y contener sólo letras y números. Otra posibilidad es utilizar la notación de C (C1, C2, etc.) para denotar columnas de datos. Puede utilizar símbolos especiales para el nombre de una variable pero, a continuación, debe encerrar el nombre en comillas sencillas.

Puede especificar múltiples respuestas. En este caso, se realizará un análisis de varianza separado para cada respuesta.

El ANOVA balanceado y el modelo lineal general (GLM) son procedimientos de ANOVA para analizar los datos recolectados para una amplísima variedad de diseños experimentales. La selección entre estos procedimientos depende del diseño experimental y las opciones disponibles. El diseño experimental se refiere a la selección de unidades o sujetos que se medirán, a la asignación de tratamientos a estas unidades o sujetos, y a la secuencia de las mediciones que se toman en estas unidades o sujetos. Ambos procedimientos pueden ajustar modelos muy variados a datos balanceados con un máximo de 31 factores. A continuación, se presentan algunas de las opciones disponibles:

ANOVA balanceado	GLM(modelo lineal general)	
Puede ajustar <u>datos no balanceados</u>	no	sí
Puede especificar factores como <u>aleatorios</u> y obtener los cuadrados medios esperados	sí	sí

Puede utilizar el ANOVA balanceado para analizar datos de diseños balanceados. Véase Diseños balanceados. Puede utilizar el GLM para analizar datos de cualquier diseño balanceado, aunque no puede elegir ajustar el caso restringido del modelo mixto, que sólo puede ajustar el ANOVA balanceado. Véase Forma restringida y no restringida de modelos mixtos.

Para clasificar sus variables, determine si sus factores son:

- factores cruzados o anidados
- fijo o aleatorio
- covariables

Para obtener información acerca de cómo especificar el modelo, véase especificación de los términos del modelo, especificación de términos que incluyen covariables, especificación de modelos reducidos y especificación de modelos para algunos diseños especializados. Para introducir fácilmente niveles de factores repetidos en su hoja de trabajo, véase utilización de patrones de datos para configurar niveles de factores.

3.6.1. Para la contrastación de las hipótesis se empleó la prueba de "F" del análisis de MLG (diseño de experimentos no balanceado y regresión). En el presente trabajo se empleó software estadístico especializado, el Minitab versión 16, SPSS versión 21, así como los programas de Microsoft

Población y muestra

La población está constituida por todas las observaciones de meses-años que se hagan durante la vida del molino (15 años) son 180 evaluaciones.

Diseño muestral

Tamaño de muestra para cuando la población es conocida, el tamaño de muestra se calcula aplicando la fórmula para poblaciones finitas y el cálculo de la muestra es:

$$n = \frac{4pqN}{(N-1)E^2 + 4pq}$$

Miguel Santesmases Mestre (2009)

$n=51$ datos

Para asegurar la representatividad se tomó 54 datos

Dónde:

n = Tamaño de la muestra para estimar proporciones

p = Probabilidad de éxito

q = Probabilidad de fracaso

N = Universo=180 meses

$Z^2 = 1.96^2 \approx 4$ (seguridad o confianza del 95 %)

E = Error permitido (margen de error máximo del 12 %).

Para este cálculo se tomaron las siguientes consideraciones: La confiabilidad es igual a $1-\alpha$, donde la confiabilidad es de 0.95 y α de 0.05; para el modelo normal es $Z [\alpha/2]$ donde $Z (0.025)$ igual a $1.96^2 \approx 4$; el estimador de varianza; PQ es la varianza cualitativa, $P + Q$ es igual a 1.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. OBSERVACIONES REALIZADAS

En la tabla 4, figura 9. Se resume los parámetros descriptivos de las características evaluadas del presente trabajo de investigación. En esta tabla se indican los resultados del rendimiento medio de la bomba de 4 pulgadas siendo la media de 25.2319 m³/ día.

En la figura que se muestra el rendimiento de la bomba de 4 pulgadas en m³/ día y la frecuencia de las observaciones lo va de volumen de extracción se refiere. Se observa que la frecuencia de rendimiento es mayor cuando los valores son cercanos a 5 m³/ día. Aproximadamente; pero la frecuencia es baja ocasionalmente se puede extraer hasta 170 m³/ día, se puede inferir que la velocidad del viento influye, muchísimo en la extracción del agua.

La media de extracción para la bomba de 4 y 2 pulgadas son 25.232 y 22,244 m³ respectivamente las características mas variables son velocidad del viento de 7 am y volumen de agua extraída con la bomba de 4 pulgada con 256.19 % y 129.19 % de coeficiente de variabilidad respectivamente mientras que la menos variable fue velocidad del viento a la 1 pm con un CV de 39.84 %.

Las características más asimétricas fueron velocidad del viento a las 7 am y 7 pm por tener los mayores sesgos mayores máximos (mayores de tres).

TABLA 4. Volumen en m³ por día con la bomba de 4 pulgadas

N	Válidos	1621
	Perdidos	0
Media		25.2319
Mediana		20.0800
Moda		.00
Desv. típ.		32.59706
Varianza		1062.568
Asimetría		1.744
Error típ. de asimetría		.061
Curtosis		3.268
Error típ. de curtosis		.121
Rango		193.70
Mínimo		.00
Máximo		193.70
Percentiles	25	.0000
	50	20.0800
	75	20.0800

(N = número de unidades para el análisis de varianza)

CV: 39.84 %

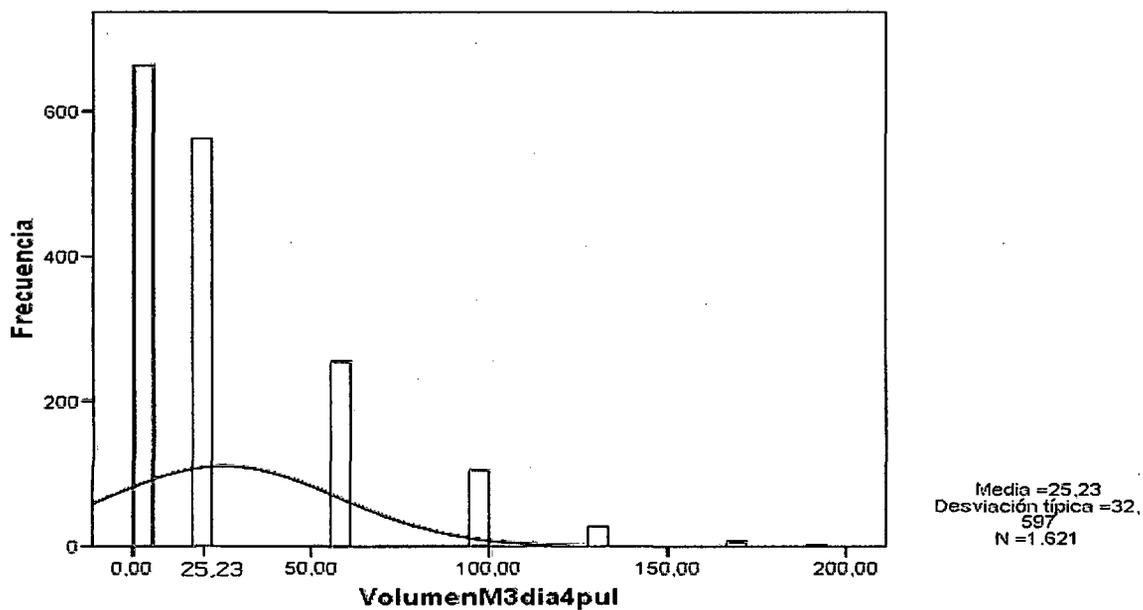


FIGURA 9. Forma de la distribución del agua extraída por la bomba de 4"

TABLA 5. Resultados de velocidad del viento y rendimiento de las bombas de 4 y 2 pulgadas

Variable	N	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo
Veloc viento m/s 7am	1621	0.1721	0.4409	0.1944	256.19	0.0000
Veloc viento m/s 1pm	1621	2.8742	1.1451	1.3113	39.84	0.0000
Veloc viento m/s 7pm	1621	1.5638	0.9318	0.8683	59.59	0.0000
Veloc Media (m/s)	1621	1.5367	0.6358	0.4042	41.37	0.0000
Vol 4 pulg m3	1621	25.232	32.597	1062.568	129.19	0.000
Vol 2 pulg m3	1621	22.244	22.116	489.125	99.42	0.000
Variable	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango	Modo
Veloc viento m/s 7am	0.0000	0.0000	0.0000	5.0000	5.0000	0
Veloc viento m/s 1pm	2.0000	3.0000	3.0000	9.0000	9.0000	3
Veloc viento m/s 7pm	1.0000	1.0000	2.0000	6.0000	6.0000	1
Veloc Media (m/s)	1.0000	1.3333	2.0000	5.0000	5.0000	1.33333
Vol 4 pulg m3	0.000	20.080	20.080	193.700	193.700	0
Vol 2 pulg m3	10.000	15.060	15.060	135.000	135.000	15.06
N para						
Variable	moda	Sesgo	Kurtosis			
Veloc viento m/s 7am	1373	3.24	16.00			
Veloc viento m/s 1pm	563	0.79	1.23			
Veloc viento m/s 7pm	735	0.91	1.83			
Veloc Media (m/s)	419	1.26	3.23			
Vol 4 pulg m3	664	1.74	3.27			
Vol 2 pulg m3	562	2.01	4.30			

4.2. Resultados de velocidad del viento con anemómetro para la mañana y tarde en la tabla 8

La medida de tendencia central indica que en la tarde, se tuvo la mayor velocidad del viento promedio respecto a la mañana, con 4.843 m/s y 6.693 m/s, respectivamente tabla 6

Las Medidas de variabilidad, indica que la mayor variación se da en las horas de la tarde, con una desviación estándar de 1.466 m/s. mientras que en la mañana se encontró una desviación estándar de 0.973 m/s. Los coeficientes de variabilidad fueron bajos y semejantes, con 20.10 % y 21.91 %, respectivamente

TABLA 6. resultados de velocidad del viento con anemómetro

Estadísticas descriptivas: Para anemómetro Mañana, Tarde							
Variable	N	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Mínimo	
Mañana	12	4.843	0.973	0.947	20.10	3.280	
Tarde	12	6.693	1.466	2.150	21.91	5.280	
Variable	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Rango	Sesgo	Kurtosis
Mañana	3.777	5.000	5.548	6.030	2.750	-0.56	-0.98
Tarde	5.435	6.215	7.912	9.430	4.150	0.90	-0.58

Resultado de la dirección del viento a las 13 horas

En la tabla 7 y figura 10 respectivo se nota que el 39.4% de los vientos sopla al Sur este, debido a que los vientos soplan de la colina hacia el valle, seguido del 24.7 % lo hace con dirección sur.

TABLA 7. Distribución porcentual de la dirección del viento.

Dirección del Viento13 horas	Frecuencia	Porcentaje
C – calma	6	0.4
E Este	218	13.4
N Norte	71	4.4
NE Nor este	168	10.4
NW Nor occidente	24	1.5
S Sur	401	24.7
SE Sur este	639	39.4
SN sur norte	1	0.1
SO sur oeste	1	0.1
SW Sur occidente	79	4.9
W Occidente	12	0.7
Total	1,620	

TABLA 8. Leyenda

Dirección del viento a las 13 horas
C-calma
E Este
N Norte
NE Nor este
NW nor oeste
S sur
SE sur este
SN sur norte
SO sur oeste
SW sur occidente
W oeste

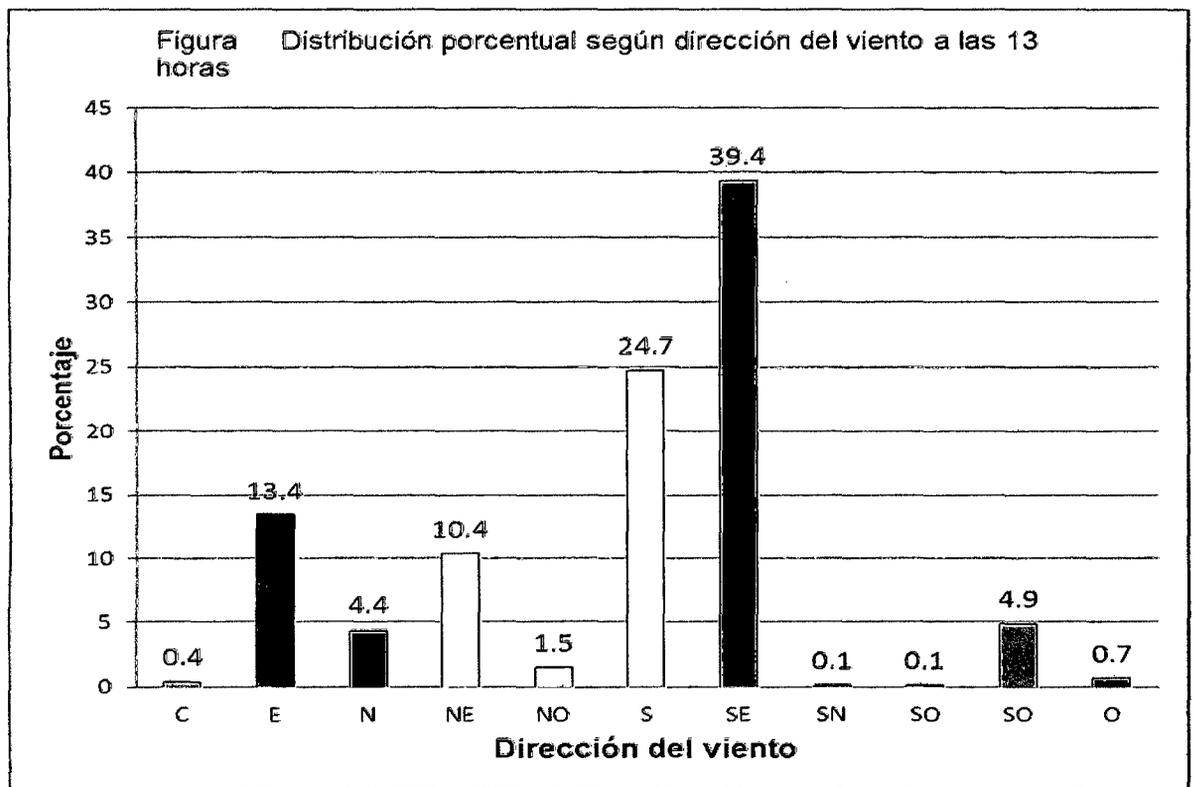


FIGURA 10. Distribución porcentual

Resultados de la velocidad del viento de mañana y tarde

En el tabla 9 y figura 11 respectivo se nota el promedio total de la mañana que es 4.84 y de la tarde 6.69 y un promedio general de mañana y tarde de 5.77. En el fundo Tartar_UNC donde se instaló la aerobomba, existe mayor circulación de viento en comparación con los datos de la estación meteorológica ya que se ha medido con el anemómetro en las horas de mayor incidencia de viento.

TABLA 9. Velocidad del viento según anemómetro enero a diciembre del 2000

Meses	Mañana m/s	Tarde m/s	Promedio m/s
Enero	4.84	5.57	5.21
Febrero	5.45	5.28	5.37
Marzo	3.49	6.44	4.97
Abril	3.46	6.14	4.80
Mayo	3.28	6.29	4.79
Junio	5.48	5.8	5.64
Julio	5.57	5.32	5.45
Agosto	5.16	9.01	7.09
Setiembre	6.01	9.43	7.72
Octubre	4.64	8	6.32
Noviembre	4.7	7.65	6.18
Diciembre	6.03	5.39	5.71
Promedio mensual	4.84 m/s	6.69 m/s	5.77 m/s

Velocidad del viento en los turnos de mañana y tarde

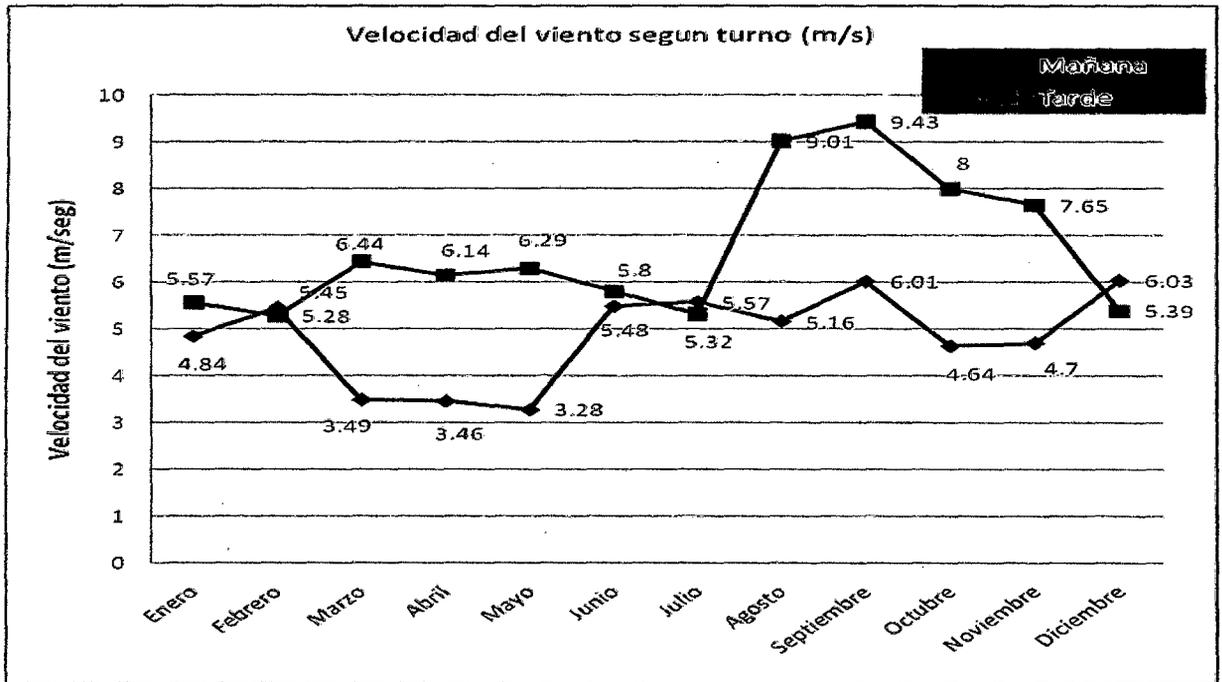


FIGURA 11. Velocidad del viento en campo (m/s)

Velocidad del viento a las 7 horas, Cajamarca

El análisis de varianza para tiempo (meses-años), detectó diferencias no significativas entre tratamientos (meses-años), lo que denota que existe una diferente velocidad del viento en los tratamientos evaluados según tabla

El coeficiente de variabilidad fue 15.0 %, valor bajo en la tabla 13, que denota que los datos son regularmente homogéneos (Toma y Rubio 2008) y que el diseño experimental proporciona una buena precisión (Martínez 1995), por lo que la media es una medida representativa de las medidas de tendencia central.

El promedio experimental fue de 0.170 m/s, (0.612 km/hora) valor bajo que cae en la calificación 0 de la escala de Beaufort (http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_de_Beaufort)

TABLA 10. Análisis de varianza para la velocidad del viento a las 7 horas (am), $\sqrt{x+1}$.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	6.081 ^a	53	.115	4.387	.000
Intersección	1828.956	1	1828.956	69931.565	.000
AÑOS	6.081	53	.115	4.387	.000
Error	40.983	1567	.026		
Total	1900.000	1621			
Total corregida	47.064	1620			

CV= 15.0 %

La Prueba de Tukey para velocidad del viento las 7 horas para meses/año, detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrándose tres subconjuntos diferentes, el superior está representado por 21 tratamientos (meses-año), los cuales presentaron las mayores velocidades de viento a las 7 horas, con valores que variaron de 0.6129 m/s a 0.2258 m/s, el mes julio.2003, encabeza la lista de tratamientos evaluados que presentaron las mayores velocidad y para agosto 2000, respectivamente, los altos valores de velocidad se atribuyen a que en estos meses, el cielo está despejado y el sol calienta mucho mas la superficie terrestre, generando diferencias de presión que originan los vientos, resultados que concuerdan con Wikipedia (2013) referente al Efecto Coriolis http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Coriolis y Lannini et al (2009). Mientras que los tratamientos: mayo 2000, marzo 2002, marzo 2001 y julio.2002, registraron valores nulos en velocidad del viento, debido a que el sol no incide en la superficie del suelo, por la presencia de nubes tabla 11.

TABLA 11. Velocidad del viento a las 7 horas (am), Fundo UNC Tartar. Cajamarca

MESES-AÑOS	N° de datos	Velocidad del viento (m/s)	Signo
Jul. 2003	31	0.613	a
Ago. 2004	31	0.548	ab
Jul. 2004	31	0.548	ab
Ago. 2003	31	0.548	ab
Oct. 2000	31	0.355	abc
Mar. 2004	31	0.355	abc
Set. 2003	30	0.333	abc
Dic. 2001	31	0.323	abc
Jul. 2000	31	0.323	abc
Oct. 2003	31	0.29	abc
May. 2004	31	0.29	abc
Nov. 2001	30	0.267	abc
Oct. 2002	31	0.258	abc
Feb. 2003	28	0.25	abc
Nov. 2003	30	0.233	abc
Jun. 2004	30	0.233	abc
Abr. 2004	30	0.233	abc
Oct. 2001	31	0.226	abc
Ago. 2001	31	0.226	abc
Jul. 2001	31	0.226	abc
Ago. 2000	31	0.226	abc
Set. 2000	30	0.167	bc
Set. 2002	30	0.167	bc
May. 2001	31	0.161	bc
Dic. 2000	31	0.161	bc
Dic. 2003	31	0.161	bc
Jun. 2000	30	0.133	bc
Ene. 2002	31	0.129	bc
Feb. 2004	29	0.103	c

May. 2003	31	0.097	c
Ene. 2000	31	0.097	c
Feb. 2001	23	0.087	c
Feb. 2000	29	0.069	c
Set. 2001	30	0.067	c
Abr. 2002	30	0.067	c
Abr. 2001	30	0.067	c
Dic. 2002	15	0.067	c
Mar. -2000	31	0.065	c
Feb. 2002	28	0.036	c
Nov. 2000	30	0.033	c
Mar. 2003	30	0.033	c
Jun. 2001	30	0.033	c
Abr. 2000	30	0.033	c
Nov. 2002	30	0.033	c
Jun. 2003	30	0.033	c
Jun. 2002	30	0.033	c
Ene. 2003	30	0.033	c
Ene. 2004	31	0.032	c
Ago. 2002	31	0.032	c
May. 2002	31	0.032	c
May. 2000	31	0	c
Mar. 2002	31	0	c
Mar. 2001	31	0	c
Jul. 2002	31	0	c
Significación		0.442	
Promedio		0.17	

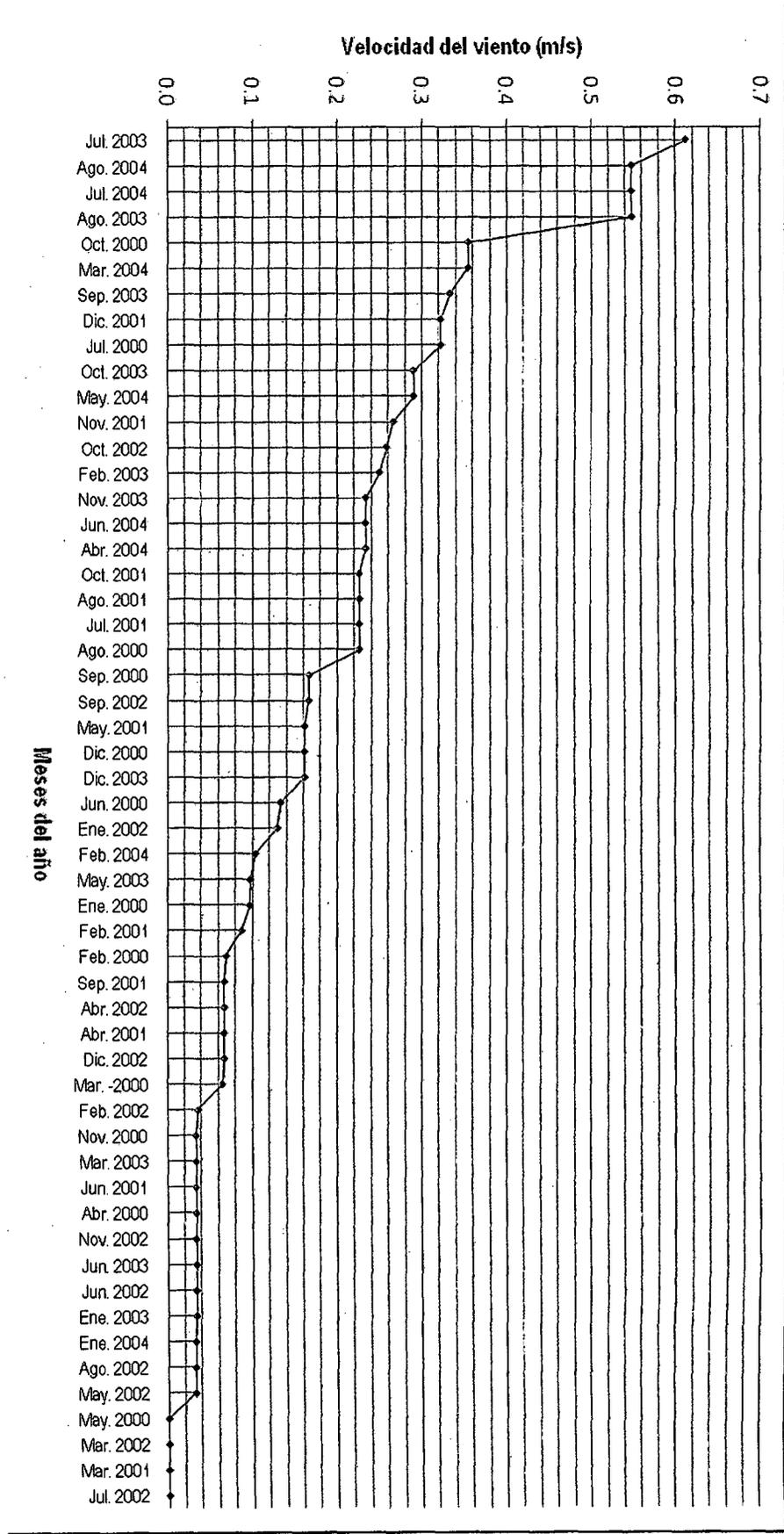


FIGURA 12. Velocidad del viento a las 7 horas meses años

Velocidad del viento a las 13 horas, Cajamarca

El análisis de varianza según tabla 12 para los tratamientos (meses-años), detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos (meses-años), lo que denota que existe una diferente velocidad del viento en los tratamientos evaluados

El coeficiente de variabilidad fue 13.09 %, valor bajo, que indica que los datos son regularmente homogéneos (**Toma y Rubio 2008**) y que el diseño experimental proporciona una buena precisión (**Martínez 1995**), por lo que la media es una medida representativa de las medidas de tendencia central.

El promedio experimental fue de 2.874 m/s (10.346 km/hora), correspondiendo a la escala Beaufort de calificación de 2, caracterizado por ser como una brisa ligera, notándose la brisa en la cara, este promedio ya produce el arranque de la mariposa en la bomba de 2 pulgadas.

El 95 % de las observaciones se encuentran entre:

$X \pm s$: 2.874 \pm 1.0 \rightarrow 1.874 m/s \rightarrow 6.75 km/hora y
3.874 m/s \rightarrow 13.95 km/hora

La Prueba de Tukey según tabla 13 para velocidad del viento a las 13 horas para meses/año, detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrándose doce subconjuntos diferentes, el superior está representado por tres tratamientos, los cuales presentaron las mayores velocidades de viento a las 13 horas, con valores que variaron de 4.807 m/s a 3.774 m/s, correspondiendo al tratamiento julio.2003, quien encabeza la lista de tratamientos evaluados, y para enero.2000, respectivamente. Los altas velocidades se atribuyen a que en estos meses, el cielo está despejado y el sol calienta mucho mas la superficie terrestre, generando diferencias de presión que originan los vientos, resultados que concuerdan con Wikipedia (2013) referente al Efecto Coriolis http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Coriolis y **Lannini et al (2009)**. Mientras que los meses, mayo.2000, marzo.2002 y febrero.2001, con 2.161, 1.968 y 1.913 m/s, respectivamente, registraron los menores valores en la presente evaluación quedando rezagados al final de la tabla, aunque presentando valores comparables con 31 meses evaluados, que les anteceden

TABLA 12. Análisis de varianza para Velocidad del viento 13 horas $\sqrt{x+1}$,

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	30.242 ^a	53	.571	8.712	.000
Intersección	6075.994	1	6075.994	92765.089	.000
AÑOS	30.242	53	.571	8.712	.000
Error	102.636	1567	.065		
Total	6279.528	1621			
Total corregida	132.878	1620			

a. R cuadrado = .228 (R cuadrado corregida = .201)

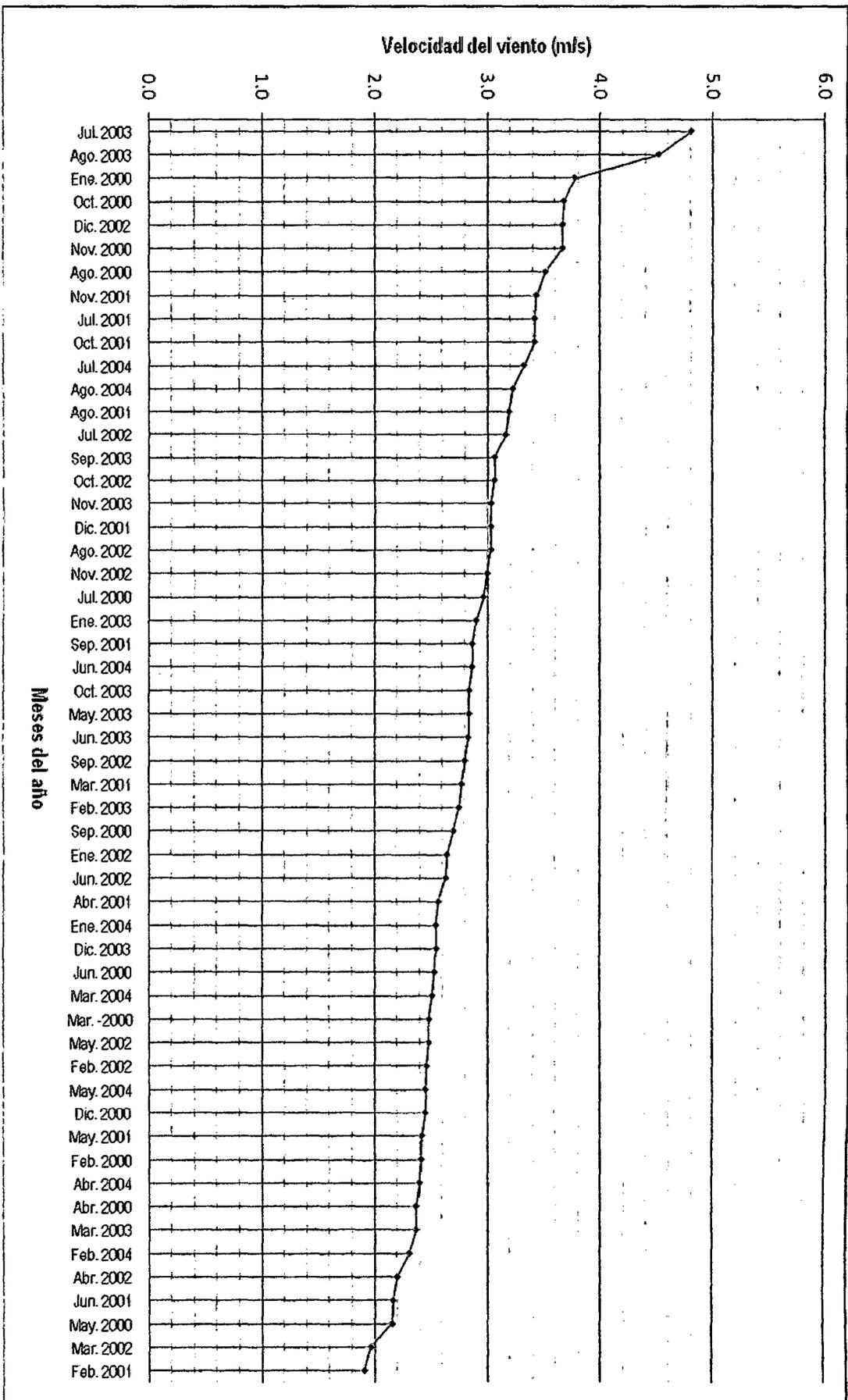
CV = 13.09 %

TABLA 13. Velocidad del viento 13 horas, Cajamarca

Mes/Años	N	Velocidad-viento (m/s)	Significación
Jul. 2003	31	4.807	a
Ago. 2003	31	4.516	ab
Ene. 2000	31	3.774	abc
Oct. 2000	31	3.677	bcd
Dic. 2002	15	3.667	bcd
Nov. 2000	30	3.667	bcd
Ago. 2000	31	3.516	bcde
Nov. 2001	30	3.433	cdef
Jul. 2001	31	3.419	cdefg
Oct. 2001	31	3.419	cdefg
Jul. 2004	31	3.323	cdefgh
Ago. 2004	31	3.226	cdefghi
Ago. 2001	31	3.194	cdefghij
Jul. 2002	31	3.161	cdefghij
Set. 2003	30	3.067	cdefghij
Oct. 2002	31	3.065	cdefghij
Nov. 2003	30	3.033	cdefghij
Dic. 2001	31	3.032	cdefghij
Ago. 2002	31	3.032	cdefghij
Nov. 2002	30	3	cdefghijk
Jul. 2000	31	2.968	cdefghijkl
Ene. 2003	30	2.9	cdefghijkl
Set. 2001	30	2.867	cdefghijkl
Jun. 2004	30	2.867	cdefghijkl

Oct. 2003	31	2.839	cdefghijkl
May. 2003	31	2.839	cdefghijkl
Jun. 2003	30	2.833	cdefghijkl
Set. 2002	30	2.8	cdefghijkl
Mar. 2001	31	2.774	cdefghijkl
Feb. 2003	28	2.75	defghijkl
Set. 2000	30	2.7	defghijkl
Ene. 2002	31	2.645	defghijkl
Jun. 2002	30	2.633	defghijkl
Abr. 2001	30	2.567	efghijkl
Ene. 2004	31	2.548	efghijkl
Dic. 2003	31	2.548	efghijkl
Jun. 2000	30	2.533	efghijkl
Mar. 2004	31	2.516	efghijkl
Mar. -2000	31	2.484	efghijkl
May. 2002	31	2.484	efghijkl
Feb. 2002	28	2.464	efghijkl
May. 2004	31	2.452	fghijkl
Dic. 2000	31	2.452	fghijkl
May. 2001	31	2.419	fghijkl
Feb. 2000	29	2.414	fghijkl
Abr. 2004	30	2.4	fghijkl
Abr. 2000	30	2.367	ghijkl
Mar. 2003	30	2.367	ghijkl
Feb. 2004	29	2.31	hijkl
Abr. 2002	30	2.2	ijkl
Jun. 2001	30	2.167	ijkl
May. 2000	31	2.161	jkl
Mar. 2002	31	1.968	kl
Feb. 2001	23	1.913	l
Significación		0.055	
Promedio		2.874	

FIGURA 13. Velocidad del viento a las 13 horas, años meses Cajamarca



Velocidad del viento a las 19 horas (7 pm), Cajamarca

El análisis de varianza tabla 14, para tiempo (meses-años), detectó diferencias no significativas entre tratamientos (meses-años), lo que denota que existe una diferente velocidad del viento en los tratamientos evaluados

El coeficiente de variabilidad fue 16.31 %, valor bajo, que indica que los datos son regularmente variables (Toma y Rubio 2008) y que el diseño experimental proporciona una regular precisión (Martínez 1995).

El promedio experimental fue de 1.567 m/s

El 95 % de las observaciones se encuentran entre:

$$X \pm s: 1.567 \pm 1.0 \rightarrow 0.567 \text{ m/s} \rightarrow 2.04 \text{ km/hora} \quad \text{y} \\ 2.567 \text{ m/s} \rightarrow 9.24 \text{ km/hora}$$

La Prueba de Tukey tabla 15 para velocidad del viento a las 19 horas para los tratamientos (meses/año), detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrándose once subconjuntos diferentes, el superior está representado por cinco tratamientos (combinaciones de meses y años), los cuales presentaron las mayores velocidades de viento, con valores que variaron de 3.00 m/s a 2.1613 m/s, para el tratamiento julio.2003, quien encabeza la lista de los mejores tratamientos evaluados y para enero.2000, respectivamente, atribuibles a las diferentes presiones ocasionadas por el calentamiento de la zona. Mientras que las combinaciones o tratamientos (meses-año), febrero.2001, abril.2002 y marzo.2002 con 0.9130, 0.900 y 0.8387 m/s, respectivamente, registraron las menores velocidades, quedando rezagados al final de la tabla, aunque presentando valores comparables con 35 tratamientos que le anteceden, estos bajos valores en velocidad se atribuyen a la presencia de edificaciones y de arboles, que actuando como barreras rompe vientos, disminuyen la velocidad del viento en la zona.

TABLA 14. Análisis de varianza para Velocidad del viento a las 19 horas $\sqrt{x+1}$

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	30.189 ^a	53	.570	8.669	.000
Intersección	3966.710	1	3966.710	60373.475	.000
AÑOS	30.189	53	.570	8.669	.000
Error	102.956	1567	.066		
Total	4155.438	1621			
Total corregida	133.145	1620			

a. R cuadrado = .227 (R cuadrado corregida = .201)

C.V = 16.31 %

TABLA 15. Velocidad del viento a las 19 horas (7 pm), Cajamarca

DHS de Tukey			
AÑOS	N (datos)	Velocidad-viento	Significación
		(m/s)	
Jul. 2003	31	3.000	a
Ago. 2003	31	2.677	ab
Ago. 2001	31	2.548	abc
Oct. 2000	31	2.355	abcd
Ene. 2000	31	2.161	abcde
Jul. 2001	31	2.129	bcdef
Ago. 2000	31	2.129	bcdef
Nov. 2000	30	1.967	cdefg
Ago. 2004	31	1.936	cdefg
Jul. 2000	31	1.936	cdefg
Nov. 2002	30	1.933	cdefg
Dic. 2001	31	1.903	cdefgh
Oct. 2001	31	1.774	cdefghi
Jun. 2000	30	1.767	cdefghij
Set. 2003	30	1.733	cdefghij
Jul. 2004	31	1.710	cdefghij
Nov. 2001	30	1.700	cdefghijk
Set. 2002	30	1.700	cdefghijk
Dic. 2000	31	1.677	defghijk
Set. 2001	30	1.667	defghijk
May. 2001	31	1.645	defghijk
Oct. 2003	31	1.581	defghijk
Set. 2000	30	1.567	defghijk
Ene. 2003	30	1.567	defghijk
Ago. 2002	31	1.548	defghijk
Dic. 2002	15	1.533	defghijk
Mar. 2000	31	1.452	efghijk
Ene. 2002	31	1.452	efghijk

Oct. 2002	31	1.452	efghijk
Abr. 2000	30	1.433	efghijk
Mar. 2001	31	1.419	efghijk
Jul. 2002	31	1.419	efghijk
Jun. 2003	30	1.400	efghijk
Mar. 2003	30	1.367	efghijk
Ene. 2004	31	1.355	efghijk
Jun. 2002	30	1.333	efghijk
Abr. 2001	30	1.333	efghijk
Feb. 2000	29	1.310	fghijk
Feb. 2003	28	1.286	fghijk
May. 2003	31	1.258	ghijk
Jun. 2004	30	1.233	ghijk
Jun. 2001	30	1.233	ghijk
Feb. 2004	29	1.207	ghijk
May. 2004	31	1.161	ghijk
May. 2002	31	1.161	ghijk
Nov. 2003	30	1.133	ghijk
May. 2000	31	1.065	hijk
Dic. 2003	31	1.065	hijk
Feb. 2002	28	1.036	ijk
Abr. 2004	30	1.033	ijk
Mar. 2004	31	1.000	ijk
Feb. 2001	23	0.913	ijk
Abr. 2002	30	0.900	jk
Mar. 2002	31	0.839	k
Significación		0.055	
Promedio		1.557	

TABLA 16. Velocidad del viento en tres evaluaciones diarias, Cajamarca

Meses/año	7 horas	13 horas	19 horas
Ene. 2000	0.097	3.774	2.161
Ene. 2002	0.129	2.645	1.452
Ene. 2003	0.033	2.900	1.567
Ene. 2004	0.032	2.548	1.355
Feb. 2000	0.069	2.414	1.310
Feb. 2001	0.087	1.913	0.913
Feb. 2002	0.036	2.464	1.036
Feb. 2003	0.250	2.750	1.286
Feb. 2004	0.103	2.310	1.207
Mar. 2000	0.065	2.484	1.452
Mar. 2001	0.000	2.774	1.419
Mar. 2002	0.000	1.968	0.839
Mar. 2003	0.033	2.367	1.367
Abr. 2000	0.033	2.367	1.433
Abr. 2001	0.067	2.567	1.333
Abr. 2002	0.067	2.200	0.900
Abr. 2004	0.233	2.400	1.033
Mar. 2004	0.355	2.516	1.000
May. 2000	0.000	2.161	1.065
May. 2001	0.161	2.419	1.645
May. 2002	0.032	2.484	1.161
May. 2003	0.097	2.839	1.258
May. 2004	0.290	2.452	1.161
Jun. 2000	0.133	2.533	1.767
Jun. 2001	0.033	2.167	1.233
Jun. 2002	0.033	2.633	1.333
Jun. 2003	0.033	2.833	1.400
Jun. 2004	0.233	2.867	1.233
Jul. 2000	0.323	2.968	1.936
Jul. 2001	0.226	3.419	2.129
Jul. 2002	0.000	3.161	1.419
Jul. 2003	0.613	4.807	3.000
Jul. 2004	0.548	3.323	1.710
Ago. 2000	0.226	3.516	2.129

Ago. 2001	0.226	3.194	2.548
Ago. 2002	0.032	3.032	1.548
Ago. 2003	0.548	4.516	2.677
Ago. 2004	0.548	3.226	1.936
Set. 2000	0.167	2.700	1.567
Set. 2001	0.067	2.867	1.667
Set. 2002	0.167	2.800	1.700
Set. 2003	0.333	3.067	1.733
Oct. 2000	0.355	3.677	2.355
Oct. 2001	0.226	3.419	1.774
Oct. 2002	0.258	3.065	1.452
Oct. 2003	0.290	2.839	1.581
Nov. 2000	0.033	3.667	1.967
Nov. 2001	0.267	3.433	1.700
Nov. 2002	0.033	3.000	1.933
Nov. 2003	0.233	3.033	1.133
Dic. 2000	0.161	2.452	1.677
Dic. 2001	0.323	3.032	1.903
Dic. 2002	0.067	3.667	1.533
Dic. 2003	0.161	2.548	1.065
Promedio	0.170	2.874	1.557

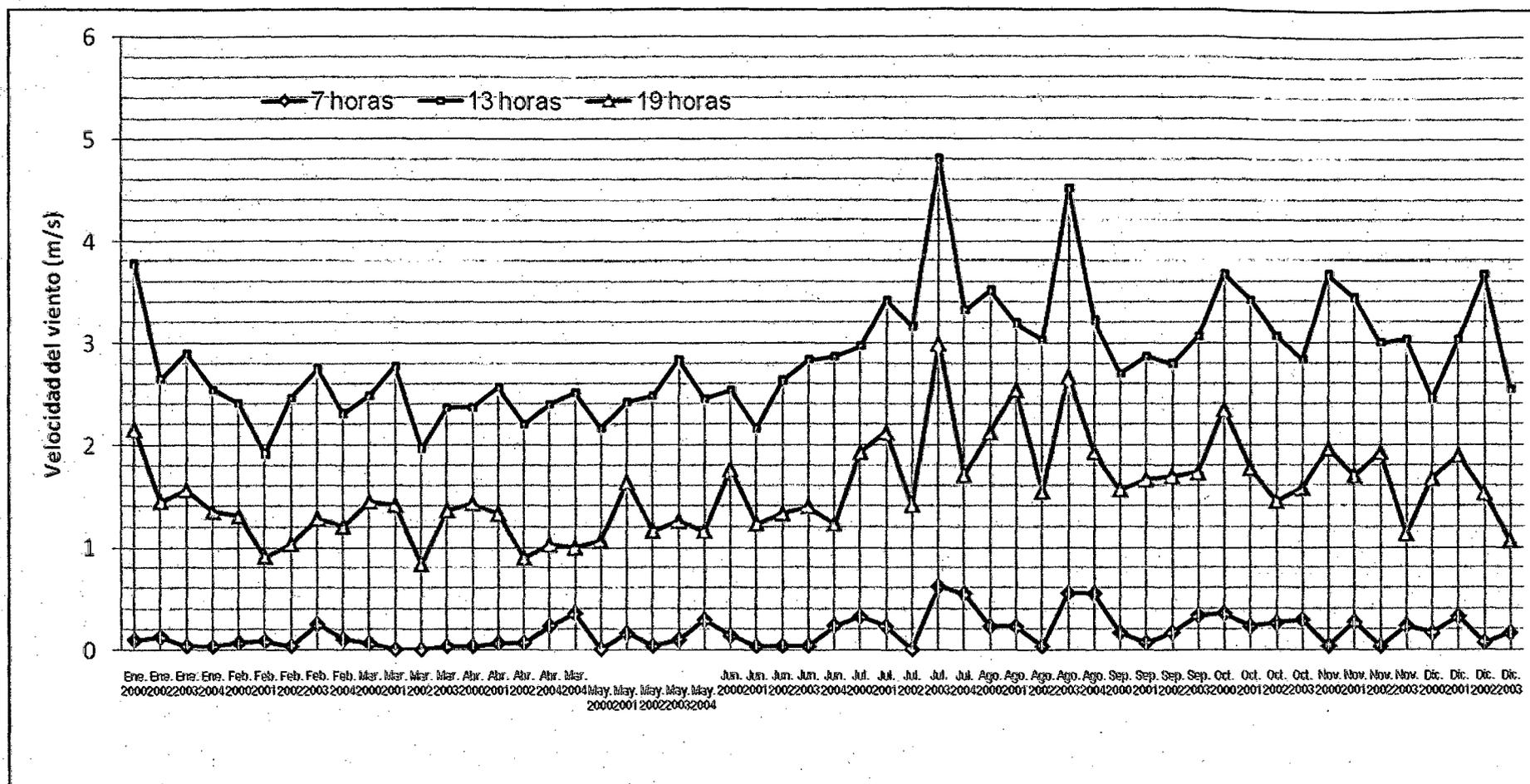


FIGURA 14. Velocidad del viento en tres evaluaciones diarias, Cajamarca

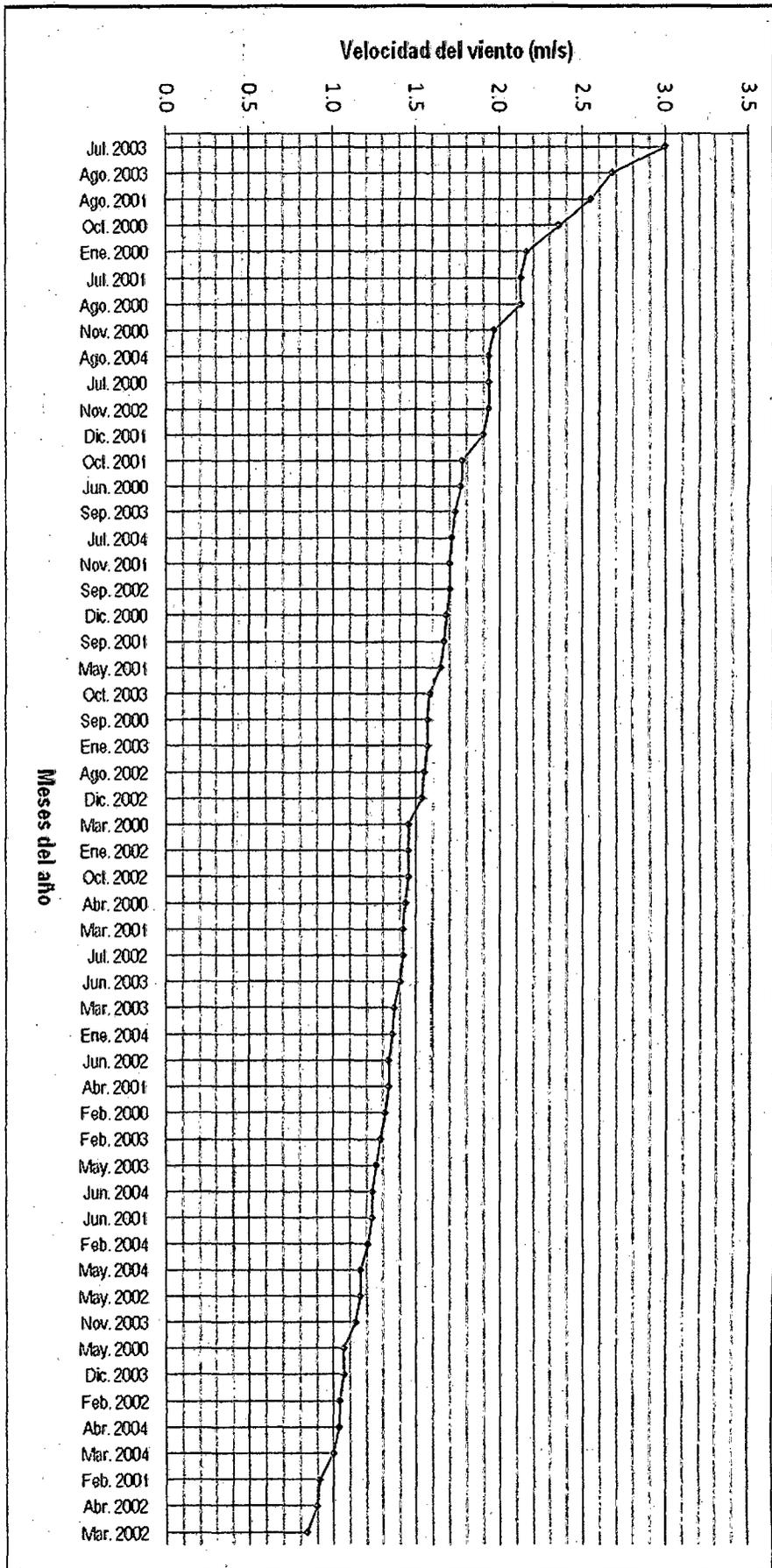


FIGURA 15. Velocidad del viento a las 19 horas (7 pm), Cajamarca

Velocidad Media del Viento de las tres evaluaciones

El análisis de varianza para tiempo (meses-años), detectó diferencias no significativas entre tratamientos (meses-años), lo que denota que existe una diferente velocidad del viento en los tratamientos evaluados tabla 17

El coeficiente de variabilidad fue de 10.19 %, valor bajo que indica confiabilidad en la toma de los datos.

El promedio experimental fue de 1.533 m/s

La Prueba de Tukey tabla 18 para Velocidad media del viento, detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrándose dieciséis subconjuntos diferentes, el superior está representado por dos meses diferentes, los cuales presentaron las mayores velocidades media, siendo el tratamiento julio.2003 con 2.8061 m/s, quien encabeza la lista de tratamientos evaluados, le sigue: agosto 2003, con 2.5803 m/s. Mientras que los meses, febrero.2001 y marzo.2002 con 0.9713 y 0.9365 m/s, respectivamente, registraron los menores valores en la presente evaluación quedando rezagados al final de la tabla, aunque presentando valores comparables con 28 meses evaluados, que les anteceden

TABLA 17. Análisis de varianza para velocidad media del viento de las tres evaluaciones $\sqrt{x+1}$

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	18.444 ^a	53	.348	13.287	.000
Intersección	4002.511	1	4002.511	152816.3	.000
AÑOS	18.444	53	.348	13.287	.000
Error	41.042	1567	.026		
Total	4112.524	1621			
Total corregida	59.487	1620			

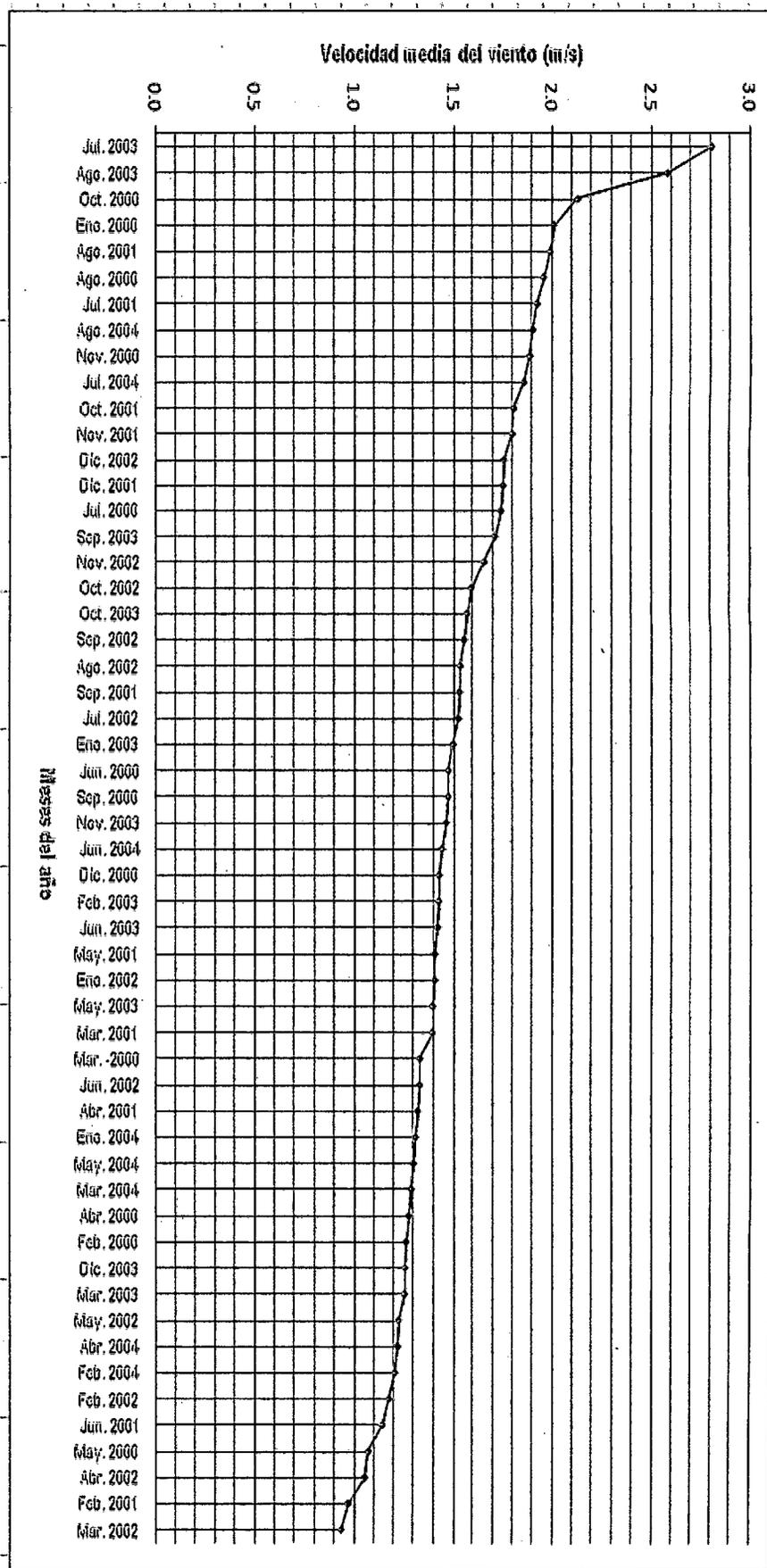
CV = 10.19 %

TABLA 18. Velocidad media del viento de las tres evaluaciones

MES/AÑO	N datos	Velocidad media (m/s)	Significación
Jul. 2003	31	2.806	a
Ago. 2003	31	2.58	ab
Oct. 2000	31	2.129	bc
Ene. 2000	31	2.01	cd
Ago. 2001	31	1.99	cde
Ago. 2000	31	1.957	cdef
Jul. 2001	31	1.925	cdefg
Ago. 2004	31	1.903	cdefg
Nov. 2000	30	1.888	cdefgh
Jul. 2004	31	1.86	cdefghi
Oct. 2001	31	1.807	cdefghij
Nov. 2001	30	1.799	cdefghij
Dic. 2002	15	1.756	cdefghijk
Dic. 2001	31	1.753	cdefghijk
Jul. 2000	31	1.742	cdefghijk
Set. 2003	30	1.711	cdefghijkl
Nov. 2002	30	1.656	cdefghijklm
Oct. 2002	31	1.591	cdefghijklmn
Oct. 2003	31	1.57	defghijklmn
Set. 2002	30	1.555	defghijklmn
Ago. 2002	31	1.537	defghijklmn
Set. 2001	30	1.533	defghijklmn
Jul. 2002	31	1.527	defghijklmno
Ene. 2003	30	1.501	defghijklmno
Jun. 2000	30	1.477	defghijklmnop
Set. 2000	30	1.477	defghijklmnop
Nov. 2003	30	1.466	defghijklmnop
Jun. 2004	30	1.444	efghijklmnop
Dic. 2000	31	1.429	efghijklmnop

Feb. 2003	28	1.428	fghijklmnop
Jun. 2003	30	1.423	fghijklmnop
May. 2001	31	1.409	fghijklmnop
Ene. 2002	31	1.409	fghijklmnop
May. 2003	31	1.397	ghijklmnop
Mar. 2001	31	1.397	ghijklmnop
Mar. -2000	31	1.334	hijklmnop
Jun. 2002	30	1.333	hijklmnop
Abr. 2001	30	1.323	ijklmnop
Ene. 2004	31	1.311	ijklmnop
May. 2004	31	1.301	jklmnop
Mar. 2004	31	1.29	jklmnop
Abr. 2000	30	1.278	jklmnop
Feb. 2000	29	1.264	jklmnop
Dic. 2003	31	1.258	jklmnop
Mar. 2003	30	1.256	jklmnop
May. 2002	31	1.226	klmnop
Abr. 2004	30	1.221	klmnop
Feb. 2004	29	1.207	klmnop
Feb. 2002	28	1.178	lmnop
Jun. 2001	30	1.143	mnop
May. 2000	31	1.075	nop
Abr. 2002	30	1.056	nop
Feb. 2001	23	0.971	op
Mar. 2002	31	0.937	p
SIGNIFICACIÓN		0.078	
PROMEDIO		1.533	

FIGURA 16. Velocidad media del viento de las tres evaluaciones



Volumen de agua extraído en m³ por día por la bomba de pistón de 4 pulgadas de diámetro

El análisis de varianza tabla 19 para los tratamientos (meses-años), detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos (meses-años), lo que indica que se rechaza la hipótesis nula, indicando que existe una diferente velocidad del viento en los tratamientos evaluados (se acepta la hipótesis alternante, de que al menos 2 tratamientos son diferentes)

El coeficiente de variabilidad fue 9.81 %, valor bajo que indica confiabilidad en la conducción experimental y toma de los datos, siendo estos datos muy homogéneos (Toma y Rubio 2008) y que el diseño experimental proporciona una muy buena precisión (Martínez 1995), por lo que la media es una medida representativa de las medidas de tendencia central.

El promedio experimental fue de 425.525 m³/ día, que representa el 25 % de un riego de maíz (1,500 m³) maíz amarillo duro

1 kilo de materia seca de papa se produce con 800 litros de agua

1 kilo de materia seca de sorgo se produce con 300 litros de agua

TABLA 19. Análisis de varianza para la extracción de agua por la bomba de pistón de 4 pulgadas de diámetro $\sqrt{\sqrt{x+1}}$

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	11.785 ^a	53	.222	7.312	.000
Intersección	4992.979	1	4992.979	164187.8	.000
AÑOS	11.785	53	.222	7.312	.000
Error	47.653	1567	.030		
Total	5109.365	1621			
Total corregida	59.437	1620			

C.V.= 9.81 %

La Prueba de Tukey tabla 20 para volumen de agua extraído según tratamiento (meses-año), detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrándose doce subconjuntos diferentes, el subconjunto superior con los mayores volúmenes de extracción está representado por los tratamientos: julio.2003 con 87.4794 m³/día, quien encabeza la lista de los mejores tratamientos, le sigue agosto. 2003, con 78.1942 m³/día, estos altos valores se atribuyen a las altas velocidades de viento encontradas en esos tratamientos. Mientras que los meses, junio.2001, abril.2002, febrero.2001 y marzo.2002 con 5.925, 5.355, 5.238 y 5.182 m³/día, respectivamente, registraron los menores volúmenes de extracción quedando rezagados al final de la tabla, aunque presentando valores comparables con los 39 tratamientos que les anteceden.

TABLA 20. Volumen de agua extraído en m³ por día por la bomba de 4 pulgadas.

MES-AÑOS	N°	Volumen en m ³ /día extraído con bomba de 4	
		pulgadas	Significación
Jul. 2003	31	87.479	a
Ago. 2003	31	78.194	ab
Ene. 2000	31	55.241	bc
Nov. 2000	30	50.685	bcd
Dic. 2002	15	48.304	cde
Oct. 2000	31	48.041	cde
Ago. 2000	31	43.241	cdef
Nov. 2001	30	42.675	cdefg
Oct. 2001	31	41.394	cdefgh
Jul. 2001	31	40.746	cdefghi
Jul. 2004	31	37.050	cdefghij
Ago. 2004	31	36.307	cdefghijk
Ago. 2001	31	34.003	cdefghijkl
Dic. 2001	31	29.755	cdefghijkl
Nov. 2003	30	29.507	cdefghijkl
Jul. 2002	31	29.394	cdefghijkl
Oct. 2002	31	28.650	cdefghijkl
Nov. 2002	30	28.168	cdefghijkl
Set. 2003	30	27.795	cdefghijkl
Ago. 2002	31	26.898	cdefghijkl

Ene. 2003	30	26.456	cdefghijkl
Jul. 2000	31	23.946	defghijkl
May. 2003	31	22.916	defghijkl
Set. 2002	30	22.539	defghijkl
Set. 2001	30	22.067	defghijkl
Jun. 2004	30	22.067	defghijkl
Oct. 2003	31	22.003	defghijkl
Jun. 2003	30	21.869	defghijkl
Feb. 2003	28	21.386	defghijkl
Mar. 2001	31	19.507	efghijkl
Abr. 2001	30	18.149	ghijkl
Set. 2000	30	18.149	ghijkl
Feb. 2000	29	17.492	ghijkl
Mar. -2000	31	17.468	ghijkl
Jun. 2002	30	16.240	ghijkl
Ene. 2002	31	14.803	ghijkl
May. 2001	31	14.421	ghijkl
Mar. 2004	31	13.964	ghijkl
Dic. 2003	31	13.964	ghijkl
Mar. 2003	30	13.464	ghijkl
Dic. 2000	31	13.316	ghijkl
Jun. 2000	30	13.091	ghijkl
Abr. 2004	30	12.992	ghijkl
Ene. 2004	31	12.764	hijkl
Abr. 2000	30	12.421	hijkl
May. 2004	31	12.116	hijkl
May. 2002	31	11.468	ijkl
Feb. 2002	28	10.757	jkl
Feb. 2004	29	9.694	jkl
May. 2000	31	7.030	jkl
Jun. 2001	30	5.925	l
Abr. 2002	30	5.355	l
Feb. 2001	23	5.238	l
Mar. 2002	31	5.182	l
Significación		0.077	
Promedio		25.255	

4.2.2. Volumen de agua extraído en m³ por día por la bomba de pistón de 2"

El análisis de varianza tabla 21 para los tratamientos (meses-años), detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos (meses-años), lo que indica que se rechaza la hipótesis nula, indicando que en los tratamientos se presentó diferentes velocidades de viento (se acepta la hipótesis alternante, de que al menos 2 tratamientos son diferentes)

El coeficiente de variabilidad fue 16 %, valor que indica confiabilidad en la conducción experimental y toma de los datos, siendo estos homogéneos (Toma y Rubio, 2008) y que el diseño experimental proporciona una buena precisión (MARTÍNEZ, 1995)

El promedio experimental fue de 22.26 m³/ día.

TABLA 21. Análisis de varianza para la extracción de agua por la bomba de pistón de 2 pulgadas de diámetro $\sqrt{x+1}$

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	65.810 ^a	53	1.242	8.947	.000
Intersección	8358.701	1	8358.701	60226.476	.000
AÑOS	65.810	53	1.242	8.947	.000
Error	217.481	1567	.139		
Total	8737.443	1621			
Total corregida	283.290	1620			

CV = 16 %

La Prueba discriminadora tabla 22 correspondiente para los volúmenes de agua extraídos, detectó diferencias estadísticas significativas entre promedios, encontrándose diez subconjuntos diferentes, el superior con un mayor volumen de extracción está representado por el tratamiento julio.2003 con 65.6265 m³/día, quien encabeza la lista de los mejores tratamientos, le sigue: agosto. 2003, con 60.216 m³/día. Mientras que los tratamientos, abril.2002, mayo.2000, febrero.2001 y marzo.2002 con 10.577, 10.5174, 8.7787 y 8.4381 m³ / día, respectivamente, registraron los menores volúmenes de extracción quedando rezagados al final de la tabla, aunque presentando valores comparables con los 40 tratamientos, que le anteceden

TABLA 22. Volumen de agua extraído en m³ por día por la bomba de 2 pulgadas

MES-AÑOS	N	Volumen en m ³ /día extraído con bomba de	Sign
Jul. 2003	31	65.627	a
Ago. 2003	31	60.216	ab
Ene. 2000	31	42.068	bc
Nov. 2000	30	40.351	bcd
Dic. 2002	15	38.115	cde
Oct. 2000	31	37.788	cdef
Ago. 2000	31	33.755	cdefg
Nov. 2001	30	33.643	cdefg
Jul. 2001	31	32.525	cdefgh
Oct. 2001	31	32.319	cdefgh
Ago. 2004	31	30.748	cdefghij
Jul. 2004	31	30.688	cdefghij
Ago. 2001	31	28.428	cdefghij
Dic. 2001	31	25.255	cdefghij
Nov. 2003	30	24.812	cdefghij
Nov. 2002	30	24.691	cdefghij
Oct. 2002	31	23.997	cdefghij
Jul. 2002	31	23.960	cdefghij
Set. 2003	30	22.843	cdefghij
Ago. 2002	31	22.404	cdefghij
May. 2003	31	22.342	cdefghij
Ene. 2003	30	21.497	defghij
Jun. 2003	30	21.014	defghij
Set. 2002	30	20.521	defghij
Jul. 2000	31	19.908	efghij
Feb. 2003	28	19.886	efghij
Set. 2001	30	19.523	efghij
Jun. 2004	30	19.508	efghij
Oct. 2003	31	19.067	efghij
Mar. 2001	31	18.248	efghi
Set. 2000	30	17.907	fghij
Mar. -2000	31	16.859	ghij
Jun. 2002	30	16.797	ghij
Abr. 2001	30	16.569	ghij
Mar. 2003	30	15.645	ghij

Feb. 2000	29	14.904	ghij
Jun. 2000	30	14.877	ghij
May. 2001	31	14.869	ghij
Dic. 2000	31	14.656	ghij
Dic. 2003	31	14.629	ghij
Abr. 2004	30	14.336	ghij
Mar. 2004	31	14.221	ghij
Ene. 2004	31	14.081	ghij
May. 2002	31	13.680	ghij
Ene. 2002	31	13.670	ghij
Abr. 2000	30	13.372	hij
May. 2004	31	13.255	hij
Feb. 2002	28	11.954	ij
Jun. 2001	30	11.021	ij
Feb. 2004	29	10.708	ij
Abr. 2002	30	10.578	j
May. 2000	31	10.517	j
Feb. 2001	23	8.779	j
Mar. 2002	31	8.438	j
Significación		0.054	
Promedio		22.260	

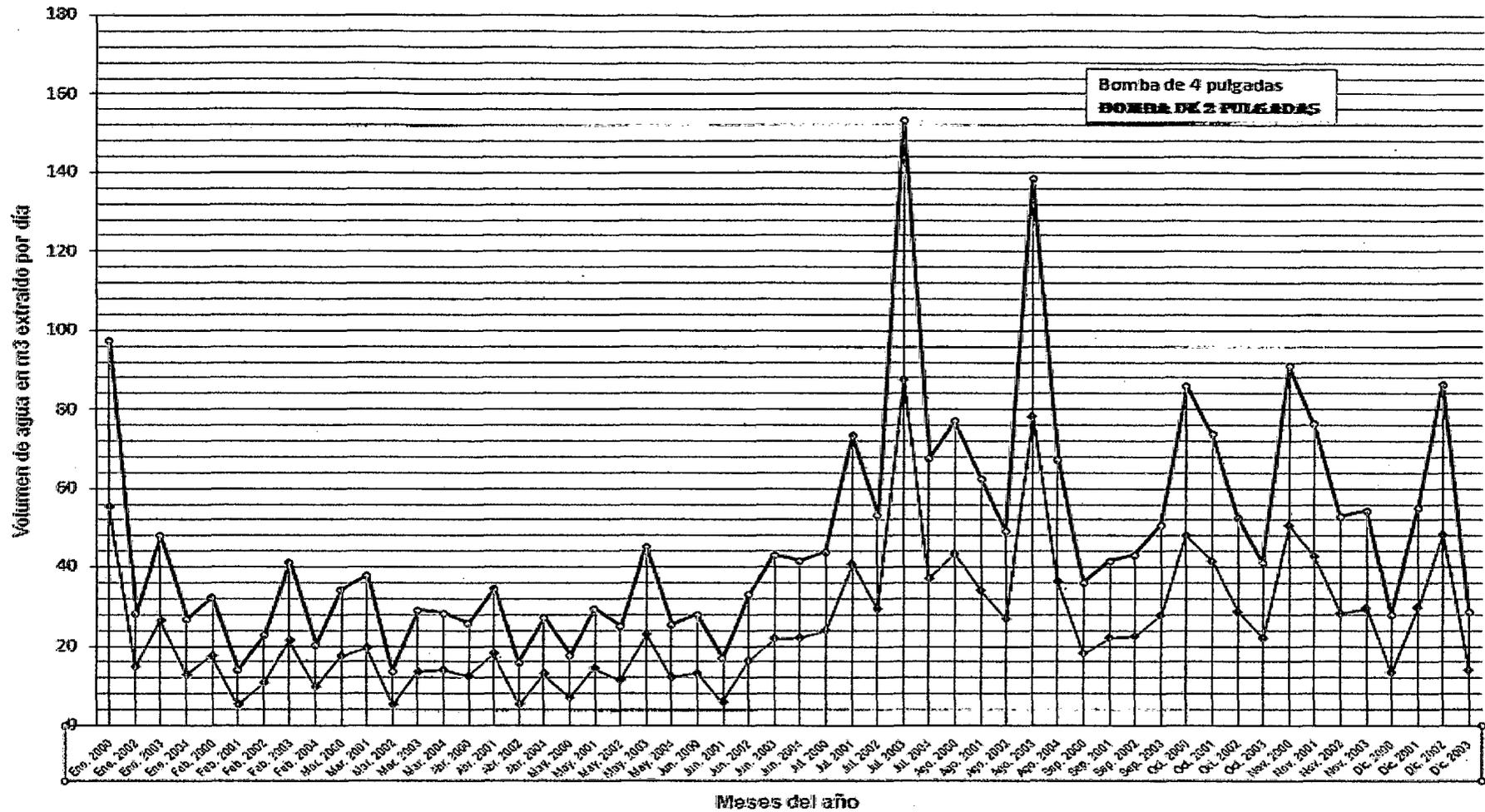


FIGURA 17. Volúmenes de agua extraída por un molino de viento con bomba de 4 y 2 pulgadas, Cajamarca.

4.3. Uso del agua extraída

Los meses críticos en deficiencia de lluvia en la zona de Cajamarca corresponde a mayo, junio, julio, agosto, septiembre, donde se puede utilizar el agua producida por el molino de viento que en promedio para los dos tipos de bomba es aproximadamente 4,000 m³, pudiéndose sembrar diferentes cultivos que aprovechen el agua en estos 5 meses, se puede sembrar maíz Choclero, con un producción de 40000 choclos por hectárea y a un precio promedio de 100 nuevos soles el ciento (precio en el mercado de Mochoqueque), dando un ingreso de 40,000 nuevos soles, pero en chacra, podría tener un precio de 0.50 nuevos soles la unidad, con un volumen de agua de 4000 m³/ha, como se muestra en el cuadro siguiente, utilizando un sistema de riego tecnificado por goteo, como el sistema de riego INIA, la siembra de maíz choclo, permite además una actividad complementaria, la ganadería, o crianza de cuyes (ya que de una hectárea de maíz, se extrae en el deshoje, 6 tm/ha de forraje verde. Alternativamente se pueden realizar campañas de siembra de hortalizas de exportación: zanahoria bebe, maíz baby con (maíz bebe) y otras.

TABLA 23. Volumen mensual de agua extraída por el molino en los meses críticos (escases de lluvia)

Mes	Tratamiento	Con Bomba de 2 pulgadas			Con Bomba de 4 pulgadas		
		Volumen en m ³ /día extraído	Promedio mensual m ³ /día	Volumen mensual m ³	Volumen en m ³ /día extraído	Promedio mensual m ³ /día	Volumen mensual m ³
	Meses-Año						
1	Ene. 2000	42.068			55.241		
1	Ene. 2002	13.67			14.803		
1	Ene. 2003	21.497			26.456		
1	Ene. 2004	14.081	22.829		12.764	27.32	
2	Feb. 2000	14.904			17.492		
2	Feb. 2001	8.779			5.238		
2	Feb. 2002	11.954			10.757		
2	Feb. 2003	19.886			21.386		
2	Feb. 2004	10.708	13.246		9.694	12.91	
3	Mar. 2000	16.859			17.468		
3	Mar. 2001	18.248			19.507		
3	Mar. 2002	8.438			5.182		
3	Mar. 2003	15.645			13.464		
3	Mar. 2004	14.221	14.682		13.964	13.92	
4	Abr. 2000	13.372			12.421		
4	Abr. 2001	16.569			18.149		
4	Abr. 2002	10.578			5.355		
4	Abr. 2004	14.336	13.71		12.992	12.23	
5	May. 2000	10.517			7.03		
5	May. 2001	14.869			14.421		
5	May. 2002	13.68			11.468		
5	May. 2003	22.342			22.916		
5	May. 2004	13.255	14.93	462.91	12.116	13.59	421.3
6	Jun. 2000	14.877			13.091		
6	Jun. 2001	11.021			5.925		
6	Jun. 2002	16.797			16.24		
6	Jun. 2003	21.014			21.869		
6	Jun. 2004	19.508	16.64	499.3	22.067	15.84	475.15
7	Jul. 2000	19.908			23.946		
7	Jul. 2001	32.525			40.746		
7	Jul. 2002	23.96			29.394		
7	Jul. 2003	65.627			87.479		
7	Jul. 2004	30.688	34.54	1070.79	37.05	43.72	1355.41

8	Ago. 2000	33.755			43.241		
8	Ago. 2001	28.428			34.003		
8	Ago. 2002	22.404			26.898		
8	Ago. 2003	60.216			78.194		
8	Ago. 2004	30.748	35.11	1088.42	36.307	43.73	1355.59
9	Set. 2000	17.907			18.149		
9	Set. 2001	19.523			22.067		
9	Set. 2002	20.521			22.539		
9	Set. 2003	22.843	20.2	605.96	27.795	22.64	679.13
10	Oct. 2000	37.788	Suma m3	3727.37	48.041	Suma m3	4286.57
10	Oct. 2001	32.319			41.394		
10	Oct. 2002	23.997			28.65		
10	Oct. 2003	19.067	28.29		22.003	35.02	
11	Nov. 2000	40.351			50.685		
11	Nov. 2001	33.643			42.675		
11	Nov. 2002	24.691			28.168		
11	Nov. 2003	24.812	30.87		29.507	37.76	
12	Dic. 2000	14.656			13.316		
12	Dic. 2001	25.255			29.755		
12	Dic. 2002	38.115			48.304		
12	Dic. 2003	14.629	23.16		13.964	26.33	

4.4. Comparativo de volúmenes de agua extraída por bombas de 4 y 2 pulgadas

La prueba de T, tabla 24 denota que con la bomba de 4 pulgadas se tiene valores numéricos mayores que el de 2 pulgadas, con valores de 25.3 y 22.3 litros por hora, respectivamente, la no significación se atribuye a que la bomba de 2 pulgadas trabaja por más tiempo, necesitando menores velocidades de viento. En las horas punta se llegó hasta 18 litros por minuto.

TABLA 24. Volumen mensual de agua extraída por el molino en los meses y años de estudio.

Periodo Mes-Año	Volumen en m ³	
	4 pulg	2 pulg
Ene. 2000	55.241	42.068
Ene. 2002	14.803	13.67
Ene. 2003	26.456	21.497
Ene. 2004	12.764	14.081
Feb. 2000	17.492	14.904
Feb. 2001	5.238	8.779
Feb. 2002	10.757	11.954
Feb. 2003	21.386	19.886
Feb. 2004	9.694	10.708
Mar. 2000	17.468	16.859
Mar. 2001	19.507	18.248
Mar. 2002	5.182	8.438
Mar. 2003	13.464	15.645
Mar. 2004	13.964	14.221
Abr. 2000	12.421	13.372
Abr. 2001	18.149	16.569
Abr. 2002	5.355	10.578
Abr. 2004	12.992	14.336
May. 2000	7.03	10.517
May. 2001	14.421	14.869
May. 2002	11.468	13.68
May. 2003	22.916	22.342
May. 2004	12.116	13.255
Jun. 2000	13.091	14.877
Jun. 2001	5.925	11.021
Jun. 2002.	16.24	16.797
Jun. 2003	21.869	21.014
Jun. 2004	22.067	19.508
Jul. 2000	23.946	19.908
Jul. 2001	40.746	32.525
Jul. 2002	29.394	23.96
Jul. 2003	87.479	65.627
Jul. 2004	37.05	30.688
Ago. 2000	43.241	33.755
Ago. 2001	34.003	28.428
Ago. 2002	26.898	22.404
Ago. 2003	78.194	60.216
Ago. 2004	36.307	30.748
Sep. 2000	18.149	17.907
Sep. 2001	22.067	19.523
Sep. 2002	22.539	20.521
Sep. 2003	27.795	22.843
Oct. 2000	48.041	37.788
Oct. 2001	41.394	32.319
Oct. 2002	28.65	23.997
Oct. 2003	22.003	19.067
Nov. 2000	50.685	40.351
Nov. 2001	42.675	33.643
Nov. 2002	28.168	24.691
Nov. 2003	29.507	24.812
Dic. 2000	13.316	14.656
Dic. 2001	29.755	25.255
Dic. 2002	48.304	38.115
Dic. 2003	13.964	14.629

Los volúmenes de agua extraídos de abril del 2002 nos indica que la bomba de 4 pulgadas sacó 5,355 m³. Mientras que en ese mismo mes y año la bomba de 2 pulgadas sacó 10,578 m³. Este ejemplo representativo de la tabla nos indica que la bomba de 4 pulgadas no trabajó totalmente por ser el viento menor a 2,5 m/s, torque de arranque capaz de mover la turbina de aire, mientras que la bomba de 2 pulgadas trabajó más porque su torque empieza con 1,5m/s de velocidad de viento.

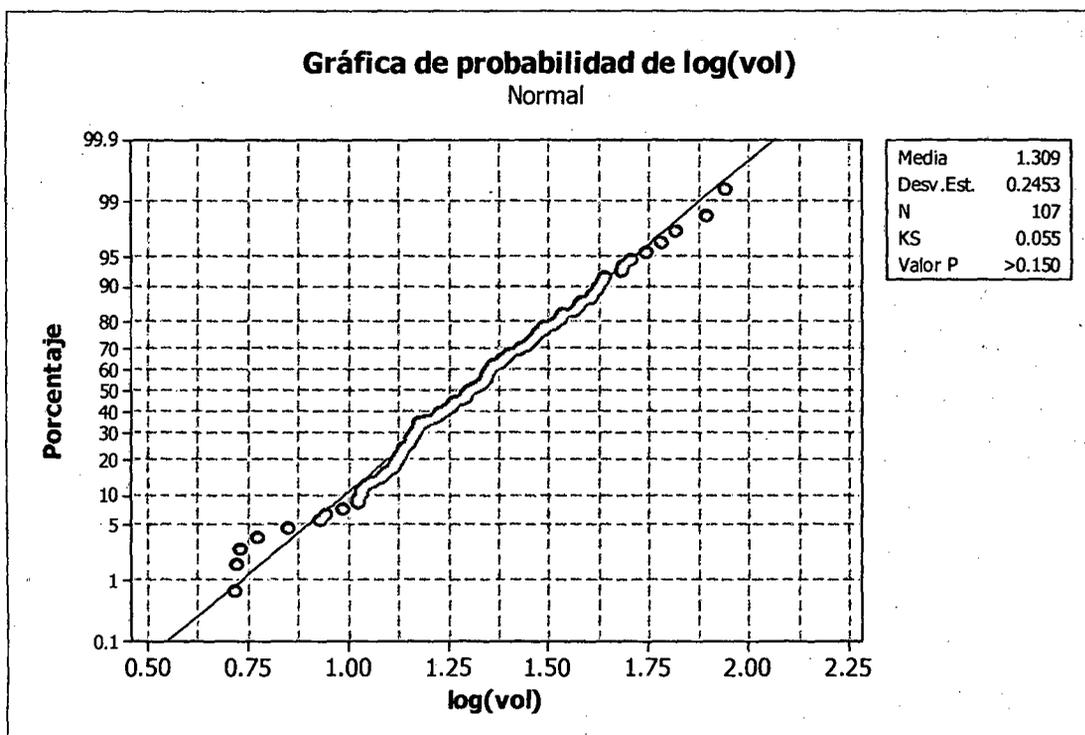


FIGURA 18 Prueba de normalidad para el volumen de agua extraído por los molinos.

Prueba de Hipótesis para investigar diferencias significativas en el volumen de agua extraído por los molinos según mes, año y diámetro de la bomba.

1) Contrastación de hipótesis según año

Ho: El volumen de agua extraído por los molinos son iguales según año.

H1: El volumen de agua extraído por los molinos son diferentes según año.

Alpha = 0.05

P-valor= 0.037 menor a alpha, por tanto se rechaza Ho

En consecuencia si hay diferencias significativas del volumen de agua extraído por los molinos según año.

2). Contrastación de hipótesis según mes

Ho: El volumen de agua extraído por los molinos son iguales según año.

H1: El volumen de agua extraído por los molinos son diferentes según año.

Alpha = 0.05 P-valor= 0.000 menor a alpha, por tanto se rechaza Ho

En consecuencia si hay diferencias significativas del volumen de agua extraído por los molinos según mes.

3). Contrastación de hipótesis según año

Ho: El volumen de agua extraído por los molinos son iguales según año.

H1: El volumen de agua extraído por los molinos son diferentes según año.

Alpha = 0.05 P-valor= 0.664 menor a alpha, por tanto se rechaza Ho

En consecuencia no hay diferencias significativas del volumen de agua extraído por los molinos según diámetro de la bomba.

Modelo lineal general: Log (vol) vs. Mes, año, pulgad

Factor Tipo Niveles Valores

Mes fijo 12 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Año fijo 5 1, 2, 3, 4, 5

Pulgad fijo 2 1, 2

Análisis de varianza para Log(vol), utilizando SC ajustada para pruebas

Fuente	GL	SC sec.	SC ajust.	MC ajust.	F	P
Mes	11	3.52620	3.36798	0.30618	10.84	0.000
año	4	0.30252	0.30252	0.07563	2.68	0.037
pulgad	1	0.00538	0.00538	0.00538	0.19	0.664
Error	91	2.56943	2.56943	0.02824		
Total	107	6.40352				

Esquema 1. Resultados del análisis de varianza con el modelo lineal general pues los datos no están balanceados.

La contrastación de hipótesis del diseño propuesto, indican de que no existe diferencias significativas entre los tipos de bombas de pistón (P valor >0.05), aunque numéricamente con la bomba de 4 pulgadas, ambas tienen ventajas, la bomba de pistón de 2" necesita de menor velocidad de viento, y trabaja más tiempo, necesitando menor torque para el inicio del funcionamiento, mientras que la de 4", trabaja menos tiempo y extrae un mayor volumen de agua, pero necesita mayor torque para el arranque.

El volumen de agua extraído por los molinos presentan diferencias significativas mes a mes y año a año ($p < 0.05$), pues las velocidades del viento difieren en los periodos mencionados.

Análisis de regresiones

En las figuras siguientes, se relaciona la velocidad del viento con los volúmenes extraídos de agua para los dos tipos de bombas (4" y 2"), en ambos casos se mostro un efecto significativo de la velocidad del viento sobre la extracción del agua.

TABLA 25. Velocidad del viento vs el volumen de agua en m³ extraído por la bomba de 4"

Mes	vvm/s	Vo 1 dia 4"
enero	4.46	75.97
febrero	4.18	61.68
marzo	3.88	57.73
abril	4.45	70.61
mayo	4.48	77.63
junio	4.19	63.37
julio	3.88	51.28
agosto	4.37	67.23
setiembre	4.88	90.82
octubre	4.94	94.87
noviembre	4.80	88.00
diciembre	4.84	86.26

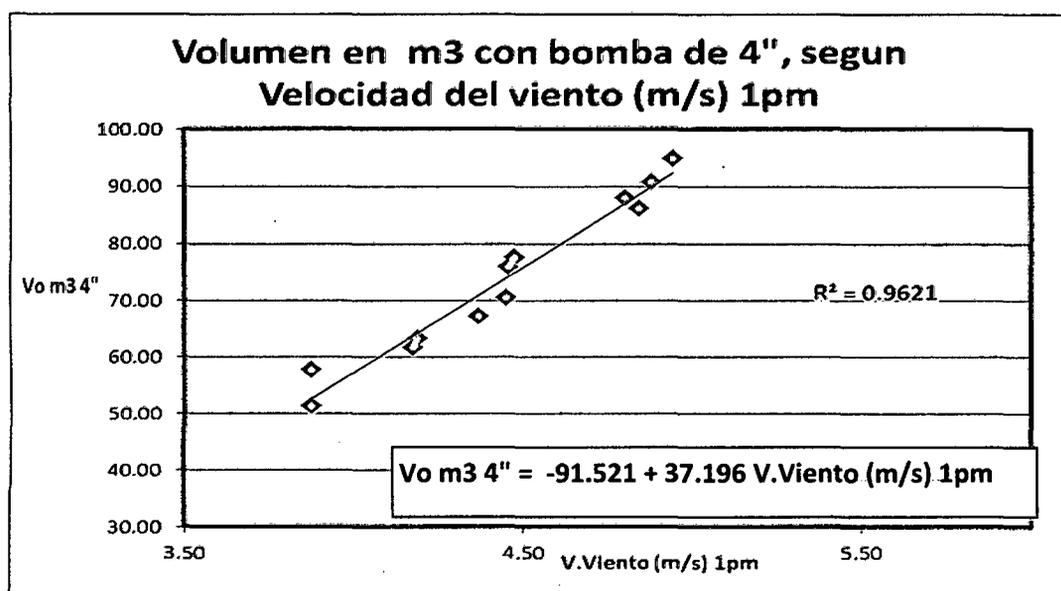


FIGURA 19. Volumen en m³ con bomba de 4" según la velocidad del viento

Interpretación.-

$R^2 = 0.96$.- El 96 % del volumen de agua extraído es explicado por la velocidad del viento, dejando un 4 % para otras variables y el azar.

Pendiente = 37.2.- Por incrementar en una unidad la velocidad del viento se espera un incremento de volumen de agua extraído de 37.2 m³.

TABLA 26. Velocidad del viento vs el volumen de agua en m³ extraído por la bomba de 2"

Mes	vvm/s2pulg	Vo 1 dia 2"
enero	4.46	56.98
febrero	4.18	46.26
marzo	3.88	43.30
abril	4.45	52.96
mayo	4.48	58.22
junio	4.19	47.53
julio	3.88	38.46
agosto	4.37	50.42
setiembre	4.88	68.12
octubre	4.94	71.15
noviembre	4.80	66.00
diciembre	4.84	64.70

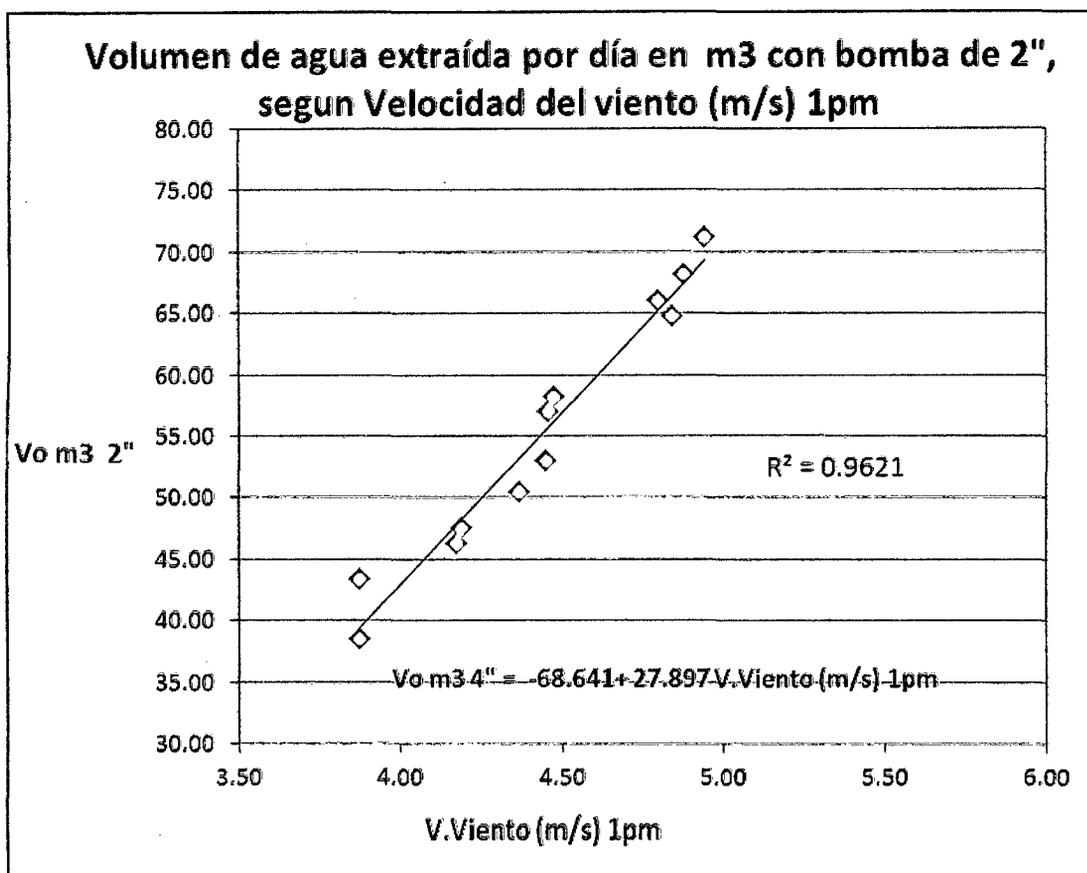


FIGURA 20. Agua extraída en m³ con bomba de 2" según la velocidad Interpretación.-

$R^2 = 0.96$.- El 96 % del volumen de agua extraído es explicado por la velocidad del viento, dejando un 4 % para otras variables y el azar.

Pendiente = 27.9.- Por incrementar en una unidad la velocidad del viento se espera un incremento de volumen de agua extraído de 27.9 m³.

Análisis económico

Costo de un molino de viento = S/. 4000, se consideró un pago mensual de s/ 600 nuevos soles, que pagado en un año tenemos una tasa interna de retorno del 10 %, muy superior a que ese dinero (S/. 4000) se pondría en el banco como ahorro. Según tabla 27

TABLA 27. Cálculo del TIR

Costo total	4000
	-4000
1	600
2	600
3	600
4	600
5	600
6	600
7	600
8	600
9	600
10	600
11	600
12	600
TIR	10%

La TIR resultante de la inversión es del 10 %, que está por encima de la rentabilidad que se podría obtener en un depósito bancario a plazo fijo por esa misma cantidad que está en promedio 5 %

4.5. Impacto ambiental

Una de las principales motivaciones para la realización de este proyecto es la búsqueda de reducción de impacto ambiental sin que ello suponga reducir el nivel de vida. Tanto la quema de combustibles fósiles como la producción de energía eléctrica, llevan asociadas emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. La instalación de molinos de viento diseñada en este proyecto permite evitar al menos en parte, el uso de fuentes de energía convencionales.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones en las cuales se efectuó en presente trabajo de investigación, los materiales empleados, los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- 1- Al comparar los volúmenes de extracción por las dos bombas de pistón, no se encontró diferencias estadísticas significativas, teniendo volúmenes de extracción de 22.26 y 25.25 m³ diarios, en los pistones de 2 y 4 pulgadas, respectivamente.
- 2- Se encontró que para la velocidad del viento, los mayores valores se presentaron a las 13 horas del día, con un promedio de 2.874 m/s, seguido de la evaluación a las 19 horas, con 1.557 m/s, mientras que la menor velocidad se obtuvo a las 7 am, con solo 0.17 m/s.
- 3- Se encontró las mayores velocidades en los meses de julio del 2003, agosto del 2003, enero del 2000, octubre del 2000, noviembre del 2000 y diciembre del 2002, con 4.807, 4.516, 3.774, 3.677, 3.667 y 3.667 m/s, respectivamente. Mientras que las menores velocidades se presentaron en las evaluaciones a las 7 am.
- 4- Los tratamientos que presentaron los mayores volúmenes de extracción de agua con un bomba de pistón de 4" de diámetro fueron: julio del 2003 y agosto del 2003, con 87.4794 y 78.1942 m³ /día, respectivamente. mientras que los tratamientos: junio del 2001, abril del 2002, febrero del 2001 y marzo del 2002 con 5.925, 5.355, 5.238 y 5.182 m³/día, respectivamente, registraron los menores volúmenes de extracción.
- 5- En la época de sequía existe más viento, recurso indispensable para el funcionamiento de la aerobomba.

- 6- Se recomienda poner en conocimiento a los usuarios y autoridades competentes, para concientizar el uso de estas aerobombas, las acciones a realizar para su adecuado mantenimiento, operación y extensión a otros lugares que tienen mejores condiciones de velocidades de viento.
- 7- Realizar un análisis económico, para comparar con otras marcas de bombas, energía eólica teniendo en cuenta su vida útil, baja inversión inicial, costo de operación y mantenimiento.
- 8- Efectuar una evaluación rigurosa de fallas mecánicas y duración de materiales con los que se diseñó el molino de viento.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

1. ALMENARA OSCAR, 196. La energía eólica.
2. ALMENARA, OSCAR A.1965. La energía eólica, Energía primer foro nacional, Instituto de la energía y Universidad Nacional de Ingeniería. Grafica panamericana S.A. Lima. Perú
3. BEEREN, H. 1971. Electricidad, segunda parte corriente alterna. Ediciones ETACE S.A., Mérida España
4. CALZADA B, 1992... Métodos Estadísticos.5º Edición y Distribuidora "Milagros S.A.".Dic.
5. CASTILLO, R. Y , ROJAS , B .(1990). Evaluación de las aerobombas tipo Miramar de Chacupe y Chilape con fines de adaptación para su uso alternativo bombeo de agua y generación de energía eléctrica. Tesis Ingeniero Agrícola Universidad nacional Pedro Ruiz Gallo 172 pg.
6. EISENHART, CH, 1947, the Assumptions Underlying the Analysis of Variance. Biométricos, March Vol. 3 N°1.
7. FAIRES, V. 1972. Elementos orgánicos de maquinas. Libros técnicos y científicos, Sao Paulo, Brasil.
8. FERNÁNDEZ, D. (S/F). ENERGIA EÓLICA, departamento de energía eléctrica y energética. Universidad de Cantabria
9. HATSCH 1963. Principios de electricidad, Editorial Universo Madrid España.
10. HUARANGA C. 1988. Estudio de las aguas subterráneas y alternativas de explotación en la provincia de Chiclayo, Tesis Ingeniero agrícola, UNPRG, Lambayeque 171 pg
11. INTINTEC, 1881. Comportamiento de los molinos de viento para bombeo de agua.
12. ITINTEC 1981. Comportamiento de los molinos de viento para bombas de agua. ITINTEC, Lima Perú.
13. MARTÍNEZ G. 1988. "Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría". Edit. Trillas. México D. F.- México.
14. MARTÍNEZ R. 1995. Coeficientes de variabilidad Agronomía Tropical. 20(2): 81-95

15. MONTGOMERY, D. 1996 "Diseño y análisis de experimento". Grupo Editorial Iberoamericana. México.
16. ROJAS, R. (1999). Diseño de un Molino de viento para generación de energía eléctrica en la zona rural de la localidad de Jayanca. Tesis en Ciencias físicas y matemáticas Universidad nacional Pedro Ruiz Gallo 172 pg
17. ROJAS, 1999. Diseño de un molino de viento para la generación de energía eléctrica.
18. SANTESMASES, M. 2009. DYANE versión 4. Diseño y análisis de encuestas en investigación social y de mercados. Madrid España 554 p. WWW.edicionespirámide.es
19. SHELL, 1947. La maquinaria de campo.
20. STEEL R. y TORRIE H. 1985. "Bioestadística: Principios y Procedimientos", 2º edición. Edit. Mac Graw Hill. Colombia.
21. TOMA Y RUBIO 2008, Estadística aplicada. Primera parte. Apuntes de estudio 64. Universidad del Pacífico. Centro de investigación. 342 p.
22. VALDELOMAR V. 2011. Asimetría Curtosis en el modelo biomial

Bibliografía Electrónica

1. Arthur N. Strahler. Geografía Física. Barcelona: Ediciones Omega, 1974
http://es.wikipedia.org/wiki/Arthur_Newell_Strahler
2. «Evangelista Torricelli». MacTutor History of Mathematics and Science (2002). Consultado el 13-03-2009. Recuperado de fecha de acceso 12 de Enero del 2014 <http://es.wikipedia.org/wiki/Viento>
3. Günter D. Roth Meteorología. Formaciones nubosas y otros fenómenos meteorológicos. Situaciones meteorológicas generales. Pronósticos del tiempo. Barcelona:Ediciones Omega, 2003 (edición original alemana: Munich, 2002)
http://recursostic.educacion.es/multidisciplinar/itfor/web/sites/default/files/recursos/laatmosfera/html/referencias_bibliograficas_y_electrnicas.html fecha de acceso 12 de Enero del 2014

4. Glossary of Meteorology (2009). «Geostrophic wind». American Meteorological Society. Consultado el 18-03-2009 <http://en.wikipedia.org/wiki/Meteorology>
5. Glossary of Meteorology (2009). «Wind vane». American Meteorological Society. Consultado el 17-03-2009 www.reading.ac.uk/library/.../meteorology/lib-meteor-internet.asp
6. Glossary of Meteorology (2009). «Wind sock». American Meteorological Society. Consultado el 17-03-2009. www.nwas.org/links/glossary/glossary.php
7. Glossary of Meteorology (2009). «Anemometer». American Meteorological Society. Consultado el 17-03-2009. www.reading.ac.uk/library/.../meteorology/lib-meteor-internet.asp
8. Glossary of Meteorology (2009). «Pitot tube». American Meteorological Society. Consultado el 17-03-2009. [wikipedia.org/wiki/ Meteorology](http://wikipedia.org/wiki/Meteorology)
9. Glenn T. Trewartha. The Earth Problem Climates. Madison: The University of Wisconsin Press, 1961 http://www.geology.wisc.edu/dept_info/history.html
10. Glossary of Meteorology (2009). «Geostrophic wind». American Meteorological Society. Consultado el 18-03-2009. <http://en.wikipedia.org/wiki/Meteorology>
11. Glossary of Meteorology (2009). «Thermal wind». American Meteorological Society. Consultado el 18-03-2009.
12. JetStream (2008). «/synoptic/wind.htm Origin of Wind». National Weather Service Southern Region Headquarters. Consultado el 16-02-2009 <http://es.wikipedia.org/wiki/Viento>
13. John P. Stimac (2003). «Air pressure and wind». Eastern Illinois University. Consultado el 08-05-2008. Recuperado de [http://es.scribd.com/doc/103650758/ Viento-Wikipedia](http://es.scribd.com/doc/103650758/Viento-Wikipedia)

ANEXOS

CONSTRUCCIÓN DE LA AEROBOMBA

DATOS:

- ✓ Radio del rotor: 1.69 m
- ✓ Diámetro del rotor: 3.38 m
- ✓ Área del rotor: $8.97\text{m}^2 = 9\text{ m}^2$ aprox
- ✓ Radio del plato manivela: 10 cm
- ✓ Largo de biela: 0.27m
- ✓ Cilindro:
- ✓ Radio 1: 1" = 2.54 cm
- ✓ Radio 2: 2" = 5.08 cm
- ✓ Carrera: 0.20 cm, del piston
- ✓ Volumen cilindro 1: 4.05 cm^3 (volumen cilindro de 2")
- ✓ Volumen cilindro 2: 16.21 cm^3 (volumen cilindro de 4")

PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIONES: PARTES PRINCIPALES



FIGURA 1. Molino de viento

IMPORTANCIA DEL MOLINO DE VIENTO.- Es importante porque se dispone de energía gratuita y no contamina el medio ambiente

- Aspas
- Núcleo
- Rayos
- Aros concéntricos
- Ángulos básicos
- Rotor
- Torna mesa
- Sistema de transmisión
- Castillo, torre
- Escalera
- Veleta
- Sistema de bombeo

1. **ASPAS:** otras denominaciones (perfiles, palas, aletas, álaves)

Son unidades de láminas delgadas pero resistentes en las que el viento ejerce presión y obliga a producir un movimiento rotatorio a todo el sistema; su potencia desarrollada está supeditada al área de cada unidad, multiplicada por la cantidad de unidades y por la fuerza del viento; existe un foco de presión de fuerzas que generalmente este se ubica en una cuarta parte de su distancia partiendo del núcleo hacia los extremos lo que también es equivalente al 25 % de su longitud este aspecto técnico es importante tener en cuenta para poder reforzar o colocar un punto de apoyo en este lugar.

Materiales utilizados en su construcción.- Están construidas de fibra de vidrio, polietileno, fierro, fierro galvanizado, aluminio, bronce, madera, y otros

El Perú en el departamento de Piu

ra se utiliza, hojas de palmera, en otros casos esteras, y hasta yute o lona. En el caso específico de nuestro trabajo estamos utilizando plancha galvanizada.

Formas de las palas. Hay variedades de modelos dependiendo del trabajo que van a desempeñar, y del estudio aerodinámico efectuado por el fabricante

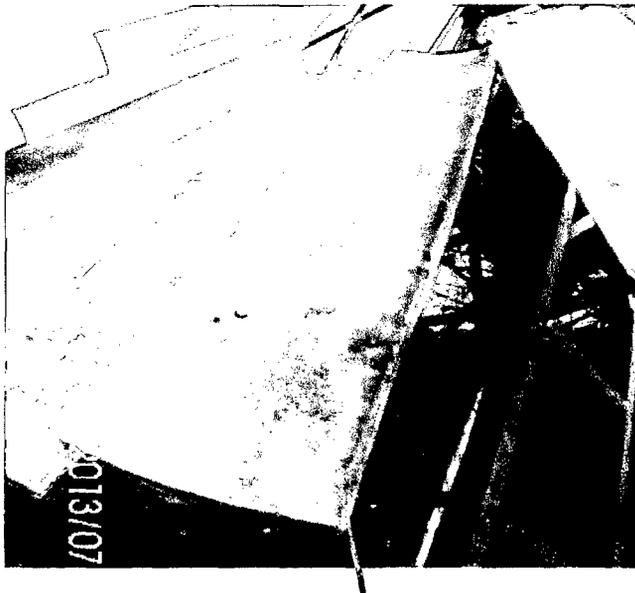


FIGURA 2. Palas

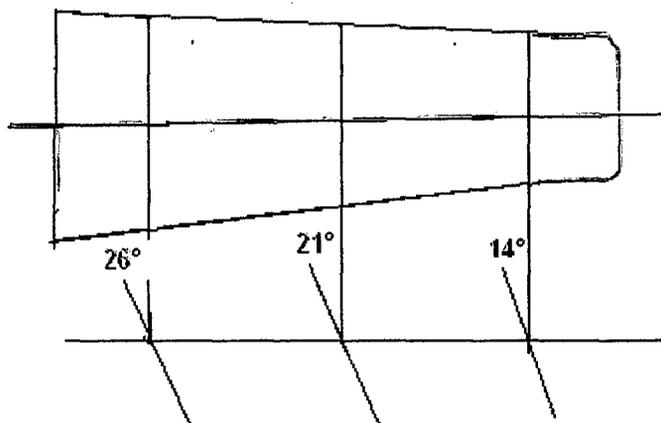


FIGURA 3. Posición de las aletas en grados

MATERIALES

Plancha galvanizada de 1/32 "

Cartón cartulina o papel molde.

Compás de punta

Esmeril eléctrico

OTROS MATERIALES

Lápiz.

Regla T

Banco de trabajo

Tornillo de banco.

Cizalla o tijeras de corta lata.

Martillo de bola mediano

Cinzel

Wincha.

Lima triangular.

Sacabocado de 3/8".

Moldeador de canales.

PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE PALAS:

Paso 1: Hacer un molde en cartón cartulina o en papel de molde de acuerdo al plano adjunto de 43 pulgadas de largo y de 7.5 pulgadas a un extremo y 10.5 pulgadas en otro extremo utilizando lápiz y regla grande (T).

Paso 2: Con el molde obtenido se deberá colocar sobre la plancha metálica, distribuyéndolo de tal manera que salga tres unidades por cada plancha, mediante lápiz se raya la silueta de las aspas.

Paso 3: Utilizando la cizaya o las tijeras o en todo caso cinzel se procede a cortar los contornos realizando presión por las marcas de la plancha hasta quedar totalmente separadas de la unidad principal finalmente a esta operación se obtiene tres palas.

Paso 4: Obtenidas las palas y mediante el compás se traza una línea paralela al contorno de 9/16".

Paso 5: Se procede a realizar el acanalado de contornos por la línea paralela al contorno utilizando el moldeador de canales; de tal manera que la vena se encuentre la parte convexa a la cara más lustrosa de pala.

- Para confeccionar en moldeador de canales de contorno se tiene que disponer de 2 planchas planas rectangulares de 1" x 5" x 5/16".- Tres pedazos de fierro de un cuarto de pulgada grosor por 5" de largo.
- En una de las planchas rectangular se suelda longitudinalmente 2 trozos de alambre paralelos dejando un espacio 5/16
- Con una separación de ¼ holgadamente ya que en esta abertura deberá entrar el macho
- Conjuntamente con la plancha galvanizada.
- En la otra plancha rectangular restante se suelda, longitudinalmente y en el centro de la plancha el alambre de un cuarto de pulgada, de esta manera tenemos disponible el moldeador de canales.

Paso 6: El moldeador de canales se coloca la hembra en la parte más lustrosa de la plancha y el macho en el reverso de modo que el filo marcado de la aspa se encuentre entre los dos (hembra y macho).

Paso 7: Se coloca el aspa y el moldeador de canales en las mordazas del tornillo de banco mediante la palanca del tornillo se procede a ejercer presión suave hasta lograr empatar

La hembra con el macho de este modo queda el canal impreso en la pala.- esta operación se repite cuantas veces sea necesario con la finalidad que la vena sea constante a través de su contorno

Del contorno cerrándose el circuito.- la vena obtenida le aumenta la resistencia y evita ser vulnerable a la acción del viento. Permitiendo durabilidad.

Paso 8: Utilizando el martillo se golpea a los filos y al cuerpo de la pala de tal modo que queden perpendiculares al canal del contorno.

Paso 9: Se procede a realizar los huecos de anclaje de las palas.- para esto se debe colocar las palas sobre los ángulos básicos que se encuentran colocados en una de las caras de los aros concéntricos, mediante lápiz se realiza las marcas de los huecos 4 en cada pala de 5/16".

Paso 10: Con el sacabocado y sobre las marcas se da golpes de martillo a las aspas teniendo de antemano al pie una madera suave, hasta lograr una perforación el sacabocado deberá ser del mismo diámetro del perno a colocar.

Paso 11: Acanalado longitudinal de las aspas.- para realizar este trabajo se debe contar con un tubo de 4 pulgadas sobre lo cual se debe ejercer presión longitudinal consiguiendo un acanalado que coincida con la curva de los ángulos básicos.

2. EL NÚCLEO: (2 PIEZAS)

El núcleo es la parte central del rotor en algunos casos el núcleo se encuentra formando una sola pieza con las aspas en nuestro caso está conformado por una plancha metálica circular acerada de un cuarto de pulgada de grosor y de diámetro de 12 pulgadas tiene 5 huecos de 5/8 de pulgada en los cuales se alojan los pernos de anclaje con otra pieza homologa ubicada en un extremo del eje horizontal del núcleo también se observa que entre los espacios equidistantes perforados existan unos semi rayos soldados que refuerzan al núcleo y por el otro extremo soldados hacia el arco concéntrico de menor diámetro.



FIGURA 4. Núcleos

Materiales

Plancha metálica de $\frac{1}{4}$ por 15 pulgadas de diámetro de fierro acerado:

Carburo de calcio 2 kg.

Agua 1 galón.

Encendedor.

Equipos

Compás de punta

Torno.

Máquina de soldadura autógena.

Máquina de soldadura eléctrica.

Electrodos, punto azul de $\frac{5}{32}$ de pulgada.

Otros materiales

Cartón cartulina

Brocas de $\frac{7}{16}$ y $\frac{5}{8}$ de pulgada.

Rayador.

Punto centro.

Martillo.

PROCEDIMIENTO

Paso 1: Hacer un molde en cartulina con las dimensiones indicadas según el plano utilizando el compás y el lápiz.

Paso 2: El molde se traslada sobre las planchas y mediante el rayador se dibuja la circunferencia de dicha pieza.

Paso 3: Mediante la soldadura autógena y utilizando anteojos protectores de luna negra, ya cargada la maquinaria con carburo y agua se abren las llaves de oxígeno y de carburo hasta encontrar una llama color azul, se debe acercar a la línea circular trazada la boquilla de corte una vez calentada en color rojo blanquecino, se abren mas el pase de oxígeno y esta lo funde al metal hasta pasarlo de un lado a otro.

Paso 4: Cortadas 2 planchas gemelas se procede a colocar al torno para pasarle cuchilla a las rebabas que ha dejado la soldadura y dejar completamente suave los contornos.

Paso 5: A las dos planchas circulares se sueldan con puntos equidistantes con soldadura eléctrica para inmovilizarlos.

Paso 6: Se marcan los huecos con punto centro y se procede a realizar perforaciones con una broca delgada (16 de pulgada) y luego se coloca la broca de 5/8 de tal manera que los huecos sean equidistantes unos de otro (5 huecos en total), perforando así las dos planchas circulares una de ellas sirve para el núcleo y la otra para el eje horizontal.

3. LOS RAYOS.

Son piezas metálicas que predomina la longitud parten del centro del núcleo hacia los extremos formando radios equidistantes en total son 5 están construidas de fierro acerado de construcción de 5/8 de grosor, en estos rayos se sueldan los rayos concéntricos constituyendo así el esqueleto del rotor.



FIGURA 5. Rayos

Materiales:

Fierro de construcción de 5/8 de pulgada.

Arco de sierra de cortar grano fino.

Tomillo de banco.

Wincha.

PROCEDIMIENTO

Paso 1: Utilizando la wincha se mide 5 trozos de varilla de fierro de construcción 5/8".

Paso 2: En las marcas realizadas en el paso 1 se procede a cortar en las marcas utilizando el tornillo de banco para inmovilizarlo.

3. AROS CONCÉNTRICOS (DOS)

Son piezas metálicas constituidas por fierro acerado de varillas reconstrucción de 5/8 "un círculo de menor diámetro y otro mas grande, soldados en sobre rayos equidistantes. Posteriormente, estos servirán.

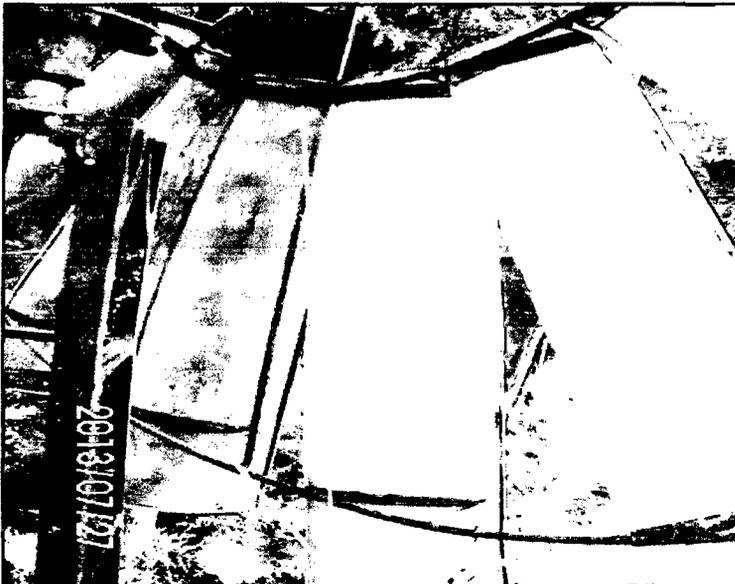


FIGURA 6. Aros concéntricos

Materiales

Fierro de construcción de 5/8 ".

Tiza blanca.

Equipo

Máquina de soldar eléctrica.

Tornillo de banco.

Esmeril.

Arco de cierra con cierra de cortar.

Martillo pesado.

PROCEDIMIENTO.

Paso 1: Se procede a medir dos varillas de tal manera que vamos a obtener dos, para realizar dichos cortes aseguramos fuertemente en el tornillo de banco.

Paso 2: Se trazan 2 círculos en el suelo mediante una tiza de las dimensiones.

Paso 3: Se procede a golpear a la varilla de fierro para obtener un arco, mientras se golpea dichas varillas se van comparando con los dibujos del suelo hechos con tiza y de acuerdo a la necesidad se efectúa las correcciones necesarias hasta obtener el círculo perfecto a si con cada uno de ellos finalmente tenemos dos círculos de diámetros distintos. Un mayor y un menor.

Paso 4: Mediante la máquina de soldar eléctrica se procede a soldar los dos extremos graduando la maquina para soldar 110 amperios y con electrodos de 5/32" punto azul.

Paso 5: Finalmente del proceso de soldar y por intermedio de un martillo de bola grande antes que se enfríe totalmente se procede a golpear sobre un riel o yunque dándole forma circular.

Nota: Para soldar se utiliza una careta o también llamada máscara de soldar en la que se encuentra incorporada unos anteojos de luna oscura que tiene la propiedad de disminuir la intensidad del brillo

luminico producido por el arco eléctrico al fundir el electrodo con material que estamos trabajándolo. La máquina deberá estar graduada para soldar de tal manera que no se requeme o quede crudo esto se encuentra supeditado a la calidad de la corriente eléctrica mientras se encuentre más lejos a un transformador existe más pérdida de la tensión del flujo eléctrico y también tiene que ver con el grosor del electrodo. Púes generalmente se debe graduar en 110 amperios para un electrodo de 5/32 "de grosor, punto azul para material acerado.

Los extremos de las varillas antes se deberán esmerilar en forma de bisel para ir rellenando con capas concéntricas, y a su vez mediante golpes de cincel se elimina la escoria del fundente después de cada capa de soldadura.

4.1. Ángulos básicos. (40 unidades)

Son pequeños aditivos metálicos, en número de dos por cada pala haciendo un total cuarenta ángulos básicos esto quiere decir veinte para cada arco concéntrico que se fijan lateralmente y sobre estos se ubican las palas del rotor enfrentando al viento. Están hechos de platina de: 5/8 "x 3/16" x 12" tienen la forma semi circular observándolo lateralmente. Canal acorde con la curvatura de cada pala, están fijados mediante soldadura eléctrica a los aros concéntricos equidistante unos de otros. Forman ángulos con el plano lateral de los aros, en el aro de menor diámetro tiene 14 grados de inclinación y en el mayor 26 grados dicho modelamiento lo retuerce a la pala para que el desprendimiento del fluido sea progresivo y no se produzca traqueteo al final de la estela que forma el viento en cada una de las palas.



FIGURA 7. Ángulo superior

FIGURA 8. Ángulo inferior

Materiales

Platina de 5/8" x 3/16"x

Soldadura.

Wincha.

Broca de 5/16"

Punto centro.

Escuadra metálica.

Equipo

Máquina de soldar de 320 amp.

Taladro eléctrico.

Arco de sierra de corte para Fe

PROCEDIMIENTO.

Paso 1: Con la wincha medir trozos de platina de 5/8" x 3/16" y luego cortar con la sierra.

Paso 2: Arquear la platina dando golpes en una de sus caras mediante el martillo. De tal manera de obtener una cara cóncava acorde con el canal de la pala; en uno de sus extremos de la platina doblar formando un ángulo recto (90°).

Paso 3: Soldar cada unidad obtenida equidistante una de otra y distribuidas lateralmente en el arco mayor y menor en razón de 20 unidades por cada aro.

4. EL ROTOR: otras denominaciones: también se le llama, generador, turbina.

El rotor es un dispositivo mecánico diseñado para transformar la energía del viento (energía cinética) en energía de movimiento mecánico rotatorio y luego en movimiento alternativo que necesita la bomba para su funcionamiento. El rotor es una unidad conformada por las siguientes partes:



FIGURA 9. Armado del rotor

Materiales

Lápiz.

Tiza.

Soldadura punto azul 5/32 ".

Pernos (5) hilo fino de 5/8" con tuerca y anillo de presión.

Pernos (80) unidades de 3/16 n/c con tuerca y anillo de presión .

Todas las partes componentes del rotor hechas anteriormente.

PROCEDIMIENTO.

Paso 1: En uno de los discos metálicos hechos 15" de diámetro(Ref # 3) , se procede a soldar los rayos (Ref # 4) , en espacios equidistantes entre hueco y hueco de 5/8 " y sobre la plancha circular (núcleo). De tal manera que los ángulos también sea equitativos unos de otros.

Paso 2: Se sueldan los arcos preparados de la información # 5 sobre los rayos que salen del núcleo equidistantes a el y concéntricos al núcleo a si como a cada uno de ellos.

Paso 3: Luego de cada soldada se saca la escoria del fundente y observar si no existe porosidades en la soldadura pues en caso de encontrar porosidades se deberá rectificar

Paso 4: Se procede a soldar los ángulos básicos hechos de platina en la información # 6 en distancias iguales y sobre los arcos lateralmente y perpendicular cuatro ángulos básicos entre cada espacio comprendido entre rayos.

Paso 5: Se procede a ubicar las palas mediante pernos de sujeción de 5/32"; 4 pernos por cada pala, utilizando dos llaves corona se 7/16, para cabeza y tuerca hexagonal, se procede a girar de izquierda a derecha y no se debe ajustar totalmente hasta que todos se encuentren ubicados en su respectivo lugar. Finalmente se deberá ajustar a todos.

Paso 6: Se verifica minuciosamente todos los elementos que componen la unidad rotor su perfecto ajuste y ubicación, que garantice un eficiente trabajo.

5. TORNAMESA.

Es una pieza del molino de viento giratorio que permite ir al rotor en busca de la dirección del viento, y la vez también sirve para alojar y soportar al conjunto rotor por delante y parte del sistemas de transmisión por la parte media y la veleta que le da la dirección constantemente en la parte posterior.

Esta a su vez está constituida por las siguientes partes:

- Estructura o soporte.
- Boca masa.
- Punta de Funda.
- Pistas.
- Rodajes cónicos.

5.1. Estructura o soporte.

se encuentra construido de ángulo grueso formando un solido rectangular y soldado con acero punto azul , en su extremo superior derecho soporta el eje horizontal proveniente del rotor dicho eje esta acondicionado en su lecho por intermedio de dos rodajes de bolas de doble fila y ajustados por chumaceras, que constituye , parte del sistema de transmisión. El soporte, en su parte inferior central tiene soldada una boca masa posterior lateral de camión con dos pista don de se alojan los rodajes cónicos que soportan presiones laterales por la parte central de dicha boca masa se aloja la punta de funda que se encuentra soldada en la parte superior del castillo.- En su extremo superior derecho se ubica la veleta o cola sujeta por intermedio de cuatro pernos.-

5.2. Boca masa

Pieza de camión donde se ajusta la rueda posterior con sus neumáticos.

5.3. Punta de funda

Parte lateral de la funda de camión por cuyo interior penetra el eje lateral para realizar la tracción proveniente del sistema de transmisión en esta punta de funda se aloja la boca masa.

5.4. Pistas

Se encuentran colocadas interior y exterior en ambos lados de la boca masa, interiormente tienen la forma de un cono truncado y en la parte externa es cilíndrico, en las partes cónicas sirven como base para producir el rodamiento del rodaje, compuesto por varios cueros cónicos, llamado balines; las pistas son de acero templado y procesado para adquirir su máxima dureza; revestido con aleación de Cr, Co, Ni.

5.5. Rodajes cónicos

Son dispositivos que permiten asegurar un eficiente rodamiento al torna mesa los cuales se colocan con una capa de grasa de chasis grado 320.

Materiales y útiles.

1.- Ángulo de 1 1/2" x 5/32 "

2.- Soldadura (electrodos)

Maquinaria y herramientas.

Ángulo de fierro de 1 1/2"

Ángulo de fierro de 7/8"

Ángulo de fierro de 7/16"

Ángulo de fierro de 1/2"

Fierro corrugado de 3/8"

Pernos de 5/8" hilo fino grado 7 de carbono.

Pernos hilo corriente nacional (5/16" x 1") 80 pernos

Soldimix

Silicona

Chumaceras de 1 7/8" (2)

Rodamiento de bolas de doble fila (2) de 1 7/8 "

Rodajes cónicos (2) No 498 y 496 respectivamente.

Boca masa

Base de la torna mesa.

Calamina galvanizada de 1/20"

Pintura negra un galón.

Lija gruesa 10 pliegos

Thiner Standard 2 litros.

Soldadura punto azul de 5/32

Instrumentos y maquinaria.-

- Máquina de soldar de 350 amp.
- Taladro eléctrico
- Brocas diferente grosor
- Tornillo de banco.
- Cizalla.
- Tijera

Procedimiento. Colocar boca masa

Paso 1.- La boca masa se procede a soldar en los ángulos de la base del torna mesa en primer lugar con puntos de preferencia con cito duró 500 luego se coloca al torno para comprobar

Si se encuentra centrado es decir formando un ángulo recto. La soldadura se debe realizar en la ceja del porta plato

Paso 2.-se procede a soldar realizando un Cordón grueso de esta manera queda apto para ser colocado con la punta de funda

Colocar punta de funda

Paso 1.- la funda se debe cortar con soldadura chanfler o con punto azul 5/32 de pulgada.

Paso 2.-obtenida la punta de funda esmerilar las rebabas y proceder a soldar en una plancha cuadrada que se ubica en la parte superior del castillo la soldada se realiza a nivel del porta plato debe quedar perpendicular y hacerlo con supercito .

Armado de la torna mesa.

Paso 1 se coloca la boca masa a la punta de funda colocando previamente los rodajes cónicos engrasados con grasa gruesa.

Paso 2 se ajusta la tuerca girándolo en el sentido de las agujas del reloj hasta quedar totalmente ajustada Luego se debe regresar de 1/8 a ¼ de vuelta de esta manera se está regulando el juego del rodaje

Paso 3. Se coloca el seguro que evita que se afloje y luego se ajusta la segunda tuerca bien ajustada con unas 35 libras pie.



FIGURA 10. Tornamesa

6.7. SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Es el conjunto de componentes que transforman el movimiento rotacional del rotor en movimiento alternativo que necesita la bomba de pistón para su funcionamiento.

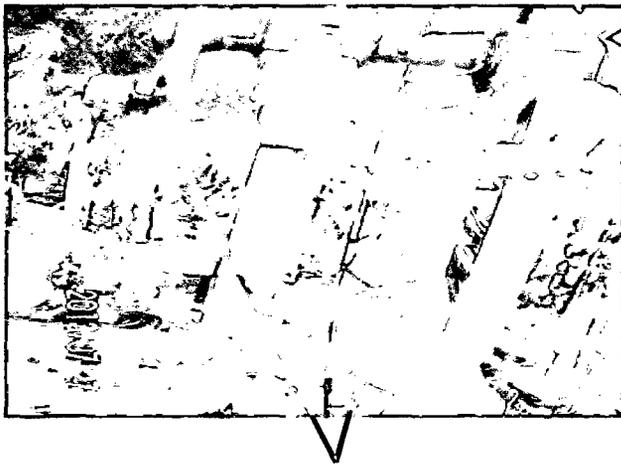


FIGURA 11. Sistema de trasmisión

Partes

- Plato manivela
- Eje horizontal
- Varilla de accionamiento vertical
- Plato manivela

Plato manivela: Está construido de fierro un circulo de 30 cm de diámetro y grosor ½" tiene perforado 3 conductos a distintas distancias del centro en el que se articulara la biela al pistón de la bomba el plato esta ubicado en la parte posterior al rotor y coincidentemente hacia el centro del castillo y la boca masa la conexión operativa se encuentra de 10 cm al centro del eje siendo el diámetro del pistón también de 10 cm

Eje horizontal. De acero de cincuenta cm de largo por la parte delantera esta el rotor y por la parte posterior el disco manivela

Varilla de accionamiento vertical. Transmite el movimiento vertical ascendente y descendente transmitido por el plato manivela, la varilla está construida de un tubo de agua galvanizado cuya constitución evita el pandeo resultado de las fuerzas contrarias de fuerza que produce el rotor y la resistencia del peso del agua al ser impulsada así como la fuerza de coriolis"

Procedimiento de construcciones

Se corta un tubo de ½ pulgada de agua galvanizado y por un extremo en el superior se suelda una tuerca de hilo fino acerada don de se ubicara un terminal de dirección hacia la biela ajustado con contra tuerca por el extremo inferior lleva un cuadrado de varilla de media

Pulgada, la misma que embona en un tubo hembra conectado hacia la bomba tanto la hembra como el macho se le practicará un conducto para pasador el cual permite cortarlo en dos partes para ayudar al mantenimiento del sistema de bombeo

7. **BOMBA DE AGUA.** Es el dispositivo que impulsa el agua desde la fuente hasta el lugar de descarga.

Partes

- **Pistón:** Pistón. Es de forma cilíndrica en la parte superior tiene una araña metálica que dentro de ella se aloja una válvula check controla la entrada de agua Una válvula check la misma que permite controlar el paso del agua solamente en forma ascendente dicha válvula es de bronce pero que puede ser de fierro fundido.

Procedimiento de fabricación.

Paso 1. Es en dos partes ajustada por el centro y en la unión de las dos tapas lleva la empaquetadura de cuero o de jebe apropiado a las circunstancias

Paso 2: Se ajustan las dos tapas de tal manera que la empaquetadura que esta en el centro se ajuste produciendo en el cilindro una adecuada succión.

- **Cilindro:** Es la parte externa de la bomba está constituido por un tubo de plástico grueso DR 18 resistencia 281.5 psi de cuatro pulgadas, y de dos pulgadas respectivamente para las dos clases de bombas de cuatro y dos pulgadas hacia los costados tienen uno para cada extremo dos tapas

Paso 1: El tubo pvc se corta de 60 cm de longitud y se procede a sacarle hilo en los extremos del mismo paso que el de las tapas.

Paso 2: Se procede al armado colocando el pistón por dentro con grasa fina.

- **Válvula check. O llamada antirretorno.** Se encuentra unido al cilindro en su base inferior y por el otro lado al tubo de succión

7.1. Tubo de succión:

Es el que se encuentra ubicado en la parte inferior de la bomba y en el otro lado se encuentra en contacto con la fuente de agua, es de material galvanizado o podría ser de plástico

7.2. Estructura, soporte, torre, castillo.

El castillo: es el dispositivo que le da la altura al rotor y soporta su peso así como la presión lateral ejercida de la dirección del viento las fuerzas de sustentación y arrastre la de coriolis y el movimiento rotacional la acción de pandeo del movimiento alternante durante su funcionamiento de la bomba de agua tiene una altura de 6 metros sin contar la base de cemento que se tiene que agregar 50 centímetros más por la parte central de la torre da paso al sistema de transmisión de bombeo de agua, de igual modo en una de las caras de la torre permite colocar la escalinata para subir a realizar el mantenimiento del sistema de transmisión la figura final de la estructura adopta la de un cuadrilátero trapezoidal siendo la parte más ancha a la base y la parte más angosta hacia arriba de la construcción de este dispositivo nos proporciona 4 caras laterales denominadas para efectos didácticos la caras A, B, C, D.

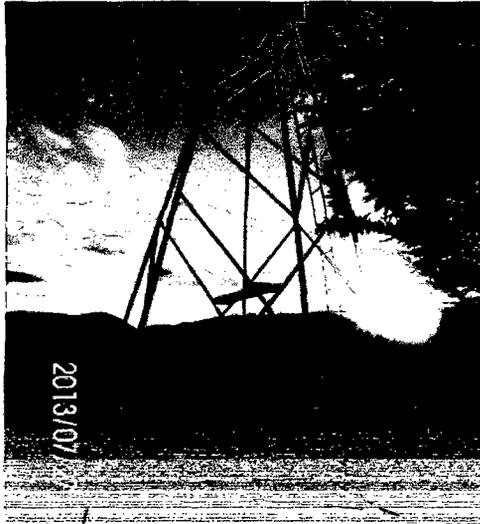


FIGURA 12. Soporte del molino

Materiales

4 varillas de ángulos de $1\frac{1}{2}$ " x $\frac{5}{32}$ " de 6 metros cada una

4 varillas de ángulos de fierro de $\frac{1}{2}$ "

Primer tramo lado a

Paso 1: Se utiliza dos varillas de ángulo de fierro de $1\frac{1}{2}$ " x $\frac{5}{32}$ " de 6 m cada una se colocan en una forma, rectangular trapezoidal, hasta una altura de 4.50 m y de aquí forma otro segundo tramo de igual manera un rectángulo trapezoidal más cerrado.

Paso 2: En la base del lado A izquierdo se corta un ángulo de $\frac{1}{2}$ " y de esta se suelda dicho ángulo en diagonal hacia el lado derecho a una altura de 1.55 m se suelda de este punto sale un ángulo de estas características en camino diagonal hasta la altura de 2.57 m correspondiente izquierdo también en camino diagonal de este va a otro ángulo hasta la altura de 1.94 m del perfil derecho de aquí se dirige nuevamente hacia su final perfil izq a la altura de 1.78 m de este último punto se inicia el segundo tramo y último

Paso 3.

Segundo tramo Es un cuadrilátero trapezoidal base del rotor el cual tiene 5 varillas paralelas empezando en 53 cm avanzando hacia arriba cerrándose y terminando en 29 cm por ultimo entre la cuarta y la quinta transversa hay dos ángulos en diagonal.

Construcción del lado b primer tramo

Paso1: Se utilizan 2 varillas de-ángulo de 1 ½" x 5/32 "por 6 m de largo que van ubicadas hacia los costados en un plano trapezoidal en la base con una abertura de dos metros y en la parte superior de 53 cm.

Paso 2: De la base de lado izq parte un ángulo en diagonal a una altura de 2.50 m del lado derecho ambos extremos soldados, por otra parte de la base del lado derecho parte otra varilla en diagonal hacia el lado izq soldado en ambos extremos a una altura de 2.49 m de este punto parte otra varilla hasta la altura de 0.99 cm del lado derecho y de aquí parte

Otra varilla en forma diagonal hasta el punto 1.77 m que se encuentra al final del primer tramo, el segundo tramo empieza con 53 cm de ancho y va angostando a medida que sube terminando en 29 cm y una altura de 1.50 m en cuya altura están colocados 5 ángulos en forma horizontal distribuidos de manera equitativa soldados en los extremo

Unión del lado a y b

Se realiza mediante la unión de ángulos diagonales lo que finalmente nos da como resultado cuatro lados A, B, C Y D una vista pictórica de un castillo trapezoidal con la base mas ancha hacia abajo y la más angosta hacia arriba.

8. ESCALERA DE ASCENSO PARA MANTENIMIENTO

Esta constituido de fierro de construcción de 3 octavos de pulgada, tiene 15 peldaños distanciados unos de otros en 30 cm electro soldados en las varillas laterales y está ubicado en la base del castillo en el centro de una de sus caras hasta la el final del primer tramo del castillo.



FIGURA 13. Escalera

9. VELETA

Es el dispositivo que le da la dirección del viento se encuentra ubicada en la parte posterior al rotor tiene la forma de una flecha , está constituida del mismo material que de los alavés es decir de calamina galvanizada sus medidas son largo en el centro 1.65 m en los extremos 1.40 m en el ancho adelante 25 cm el extremo opuesto 46 cm esta veleta también lleva en el contornó una vena al igual que las aspas para proporcionarle rigidez la sujeción está hecha sobre de un ángulo de una pulgada y un octavo con una área de 840 cm. Como su nombre lo indica es una armazón donde se colocan los aditamentos constituyentes del rotor. Esta construido de ángulo de Según figura.

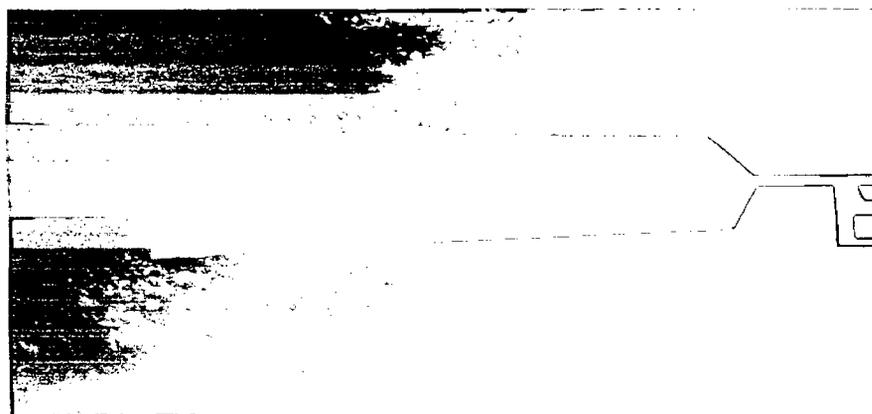


FIGURA 14. Veleta

10. SISTEMA DE BOMBEO

Es el conjunto de mecanismo que permite extraer el agua de la parte inferior hacia el depósito recogedor.

Características de las Bombas

Bomba de 2 pulgadas

Pistón de 2" construido de metal y empaquetaduras de jebe de neumático

Bomba de 4 pulgadas

Pistón de 4", construido de metal y empaquetaduras de jebe de neumático

Ambas están construidas de plástico grueso resistente

PARTES DE LA BOMBA

a. Cilindro.

Tubo de plástico grueso de 74 cm de largo y de diámetro 4 y dos pulgadas en el que se produce el fenómeno de succión del agua. Y en sus extremos lleva un hilo para ser roscado las tapas galvanizadas

b. trípode de anclaje de la biela.

Dispositivo de alambre de $\frac{1}{4}$ de pulgada soldado a la base del pistón por su parte inferior de 7 cm de largo por la parte superior soldado con un anillo el cual sirve como zona articular a la varilla de accionamiento del sistema de trasmisión

c. pistón de aluminio y empaquetaduras de jebe.

Es de forma cilíndrica y de aluminio, tiene un tubo roscado central de 20 cm de largo por $1\frac{1}{2}$ de diámetro, sobre los que se superponen anillos de aluminio intercalado con jebes de empaquetadura de neumático los que continuamente se encuentran en rozamiento con el anillo al subir y bajar

d. válvula check.

Es un dispositivo de bronce que deja pasar el agua en un solo sentido y en sentido contrario sierra el paso.

e. Tapa inferior del cilindro y tubo de succión.

Son unas campanas roscadas interiormente que se alojan en los extremos del cilindro por la parte mas ancha mide 4 pulgadas de diámetro y en los extremos mas cortos 2 pulgadas, diseño que le permite reducir el golpe de ariete del agua encaminándolo en el tubo de succión y el tubo de evacuación.

f. Tubo de succión:

Es un tubo metálico de 63 cm de largo y de 2 pulgadas de diámetro sirve para recoger el agua de forma ascendente.

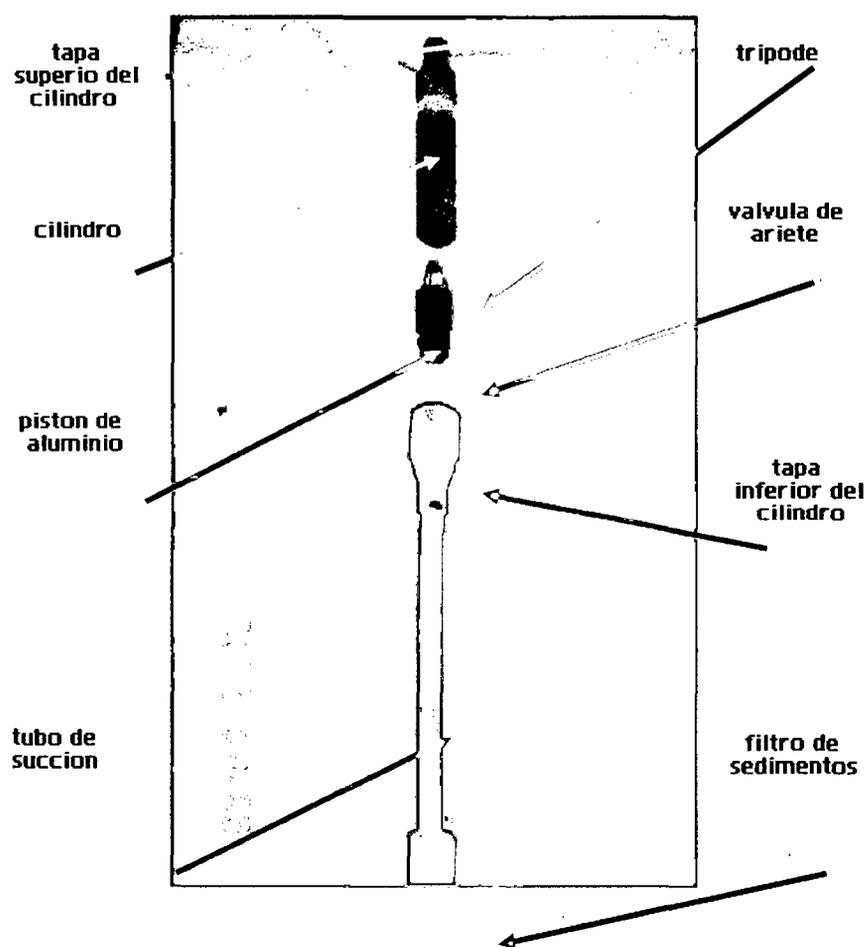


FIGURA 15. Partes de la bomba

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y CONCEPTOS

Aerobomba: equipo de bombeo de agua accionado por la energía del viento

Altura de bombeo (H): diferencia de nivel en la superficie libre del agua de la fuente de agua y el nivel de descarga

Anemómetro: instrumento mecánico, eléctrico, electrónico, etc. para medir la velocidad del viento

Anualidad: valor promedio anual del costo de capital

Bomba reciprocante de acción simple: bomba de agua de desplazamiento positivo provista de pistón que por la acción alternante solo bombea líquido en el movimiento de ascenso del vástago. Se dimensiona técnicamente por el diámetro del pistón y la longitud de la carrera (S) del vástago

Disponibilidad de la aerobomba: fracción del tiempo en la cual una aerobomba esta bombeando agua de manera efectiva

Eficiencia volumétrica de una bomba (η vol): relación entre la cantidad real de agua entregada por una bomba y el volumen teórico barrido por acción del desplazamiento de un pistón

Energía hidráulica: cantidad neta de agua bombeada desde una altura de bombeo en un periodo de tiempo dado.

Galvanizado: material acerado o fierro con baño de zinc lo cual queda material resistente a la oxidación.

Molino de viento: Aerobomba acoplada a bomba de pistón, donde, el rotor eólico está acoplado mecánicamente a una bomba de pistón a través de un vástago que transmite oscilante desde la parte superior de la torre hasta la bomba. La fuente de agua puede ser pozo o aljibe y el bombeo es de tipo directo, es decir, que el molino se ubica directamente sobre la fuente de agua.

Torna mesa.- elemento que, al recibir la energía mecánica de la rueda, descompone esta fuerza a través de un mecanismo y le permite rotar

Transmisión.- es el conjunto de elementos que recibe la energía mecánica descompuesta por la máquina, y la transforma en un movimiento y mecanismo alternativo, requerido por el cilindro para su funcionamiento.

Rotor eólico: dispositivo basado en palas aerodinámicas que accionado por el viento que incide sobre el, convierte su energía en energía rotacional mecánica

Veleta o cola.- elemento de molino que al recibir el impacto del viento, en una dirección determinada, se alinea, en esa dirección, obligándolo a girar a la rueda o rotor orientándolo en la posición a la incidencia del viento para su mayor aprovechamiento.

Velocidad específica (I): relación entre la velocidad de la punta de las palas del rotor eólico y la velocidad de viento incidente

Velocidad específica de diseño (Id): velocidad específica en la cual el rotor eólico entrega su máxima potencia

Velocidad promedio anual de viento: el valor de la velocidad resultante de calcular el promedio horario anual medido por un anemómetro.

Velocidad de viento de arranque: velocidad de viento en la cual la Aerobomba comienza a bombear agua continuamente

Velocidad de viento de diseño: velocidad del viento en la cual la Aerobomba opera a su máxima eficiencia de conversión de energía.

Velocidad del rotor (N): velocidad rotacional del rotor eólico medido en revoluciones por segundo (rps)

Factor: es una variable independiente que afecta los resultados del experimento. Un factor en estudio es aquel cuyos valores son controlados y cuyo efecto será evaluado en los resultados del experimento.

Torre.- es la parte encargada de soportar la máquina y el resto de los elementos funcionales de la máquina, manteniendo la altura conveniente para recibir los vientos más fuertes, y sobre elevándolo la de las interferencias cercanas

Testigo: es un tratamiento de comparación en el que no se aplica procedimiento alguno. También se le conoce como tratamiento control.

Trasmisión.- es el conjunto de elementos que reciben la energía mecánica descompuesta por la maquina, y la transforma en un movimiento y mecanismo alternativo requerido por el cilindro

Reproducción: Se denomina también réplica y viene a ser la repetición del experimento básico, o también podremos decir que se realiza una reproducción cuando un determinado nivel de tratamiento se aplica a más de una unidad experimental.

Error experimental: Es aquel que describe la diferencia en los resultados producidos por dos unidades experimentales que reciben el mismo tratamiento