



INFORMACION Y DESARROLLO DE LA ENERGIA EOLICA EN EL PERU

ALFREDO OLIVEROS D.
SISTEMA TIPS*

En este trabajo se presenta el rol de la información en desarrollo tecnológico de un producto. Se toma como caso el de la energía eólica.

Se presenta un marco teórico para apreciar el comportamiento de máquinas eólicas, tanto en rendimiento como en costo.

En base a lo anterior se ubica el grado de desarrollo alcanzado por éstas en nuestro medio.

Según la información disponible éste se ubica en el rango de 0.5 KW y las aplicaciones en el bombeo de agua han avanzado más que en la generación de electricidad, representando una alternativa concreta para las motobombas en el agro.

1.0 INTRODUCCION

Por mucho tiempo hemos creído que el método de la copia o "método Japonés" es la clave para el desarrollo tecnológico de productos y se ha aplicado con bastante éxito dando lugar a una diversidad de dispositivos y máquinas que circulan por nuestro mercado.

Ejemplos bastante familiares son las bicicletas, las mezcladoras de concreto, molinos de viento, entre otros.

Si bien es un método efectivo y rápido para poner un producto en el mercado, puede resultar limitado cuando aparecen productos similares, cada vez más eficientes y de menor costo. Esto debido a que no se pueden realizar innovaciones porque se desconocen los parámetros de comportamiento y costo, por no haber realizado investigaciones previas o en forma paralela.

En el presente artículo vamos a demostrar como la información puede ayudar en el desarrollo de productos competitivos, tomando como ejemplo el caso de la energía eólica.

2.0 DESAGREGACION DE UN PAQUETE TECNOLÓGICO.

En esta etapa conviene informarse de las posibilidades comerciales para comprar máquinas (o planos) que sirvan como referencia, que se ofrecen en diversos mercados.

También es importante realizar investigaciones bibliográficas, a través de un sistema de información especializado para conocer los parámetros de diseño y costo.

Es conveniente realizar visitas de estudio a zonas de uso masivo, centros de investigación y desarrollo, así como fábricas de equipos.

En vista del alto costo del desarrollo tecnológico, es recomendable desagregar el conjunto en partes, en base a la información disponible, para estudiar el comportamiento de éstas y definir en cuál de ellas conviene centrar la atención.

Para las máquinas eólicas se encuentra bastante información sobre la aerodinámica de las palas, por

lo que resulta más económico el estudio de las bombas (y generadores) y su acoplamiento con éstas. (6) (7) (8) (18). También la mejora y/o introducción de mecanismos, como correderas y elementos de seguridad en los cabezales, camisas de material liso en las bombas, etc.

Por ésta razón es recomendable el montaje de bancos de prueba para el estudio de estos componentes, así como la construcción de prototipos para comprobar el rendimiento y confiabilidad, (1)

(2) (19), en banco y en el campo.

3.0 COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA EOLICO.

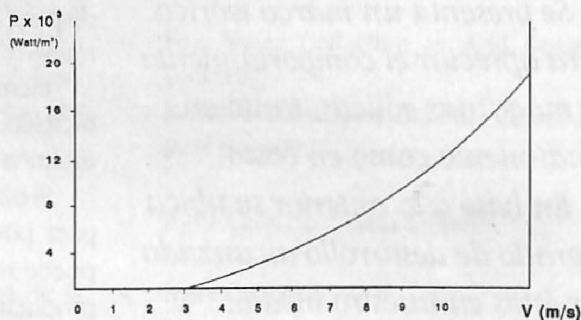
3.1 EL RECURSO EOLICO (5) (12)

La potencia que trae una masa eólica varía con el cubo de la velocidad, de acuerdo a lo mostrado en la figura 1.

Para cada lugar de la tierra los vientos soplan en un espectro de velocidades característico, cuyo comportamiento se puede definir a través de una función matemática (llamada Weibull, caracteriza-

GENERACION DE POTENCIA, POR UNIDAD DE AREA, PARA UN ROTOR EOLICO

FIG.1



100

da por los parámetros de forma y escala). En la figura 2 presentamos una caracterización para un valor particular de esos parámetros.

Si multiplicamos estas 2 funciones obtenemos la curva de distribución de energía, tal como se muestran en la figura 3.

De acuerdo a lo mostrado en esta última figura, existe una velocidad a la cual la masa eólica trae la máxima cantidad de energía y otras a la cual ésta es despreciable.

FIG. 2

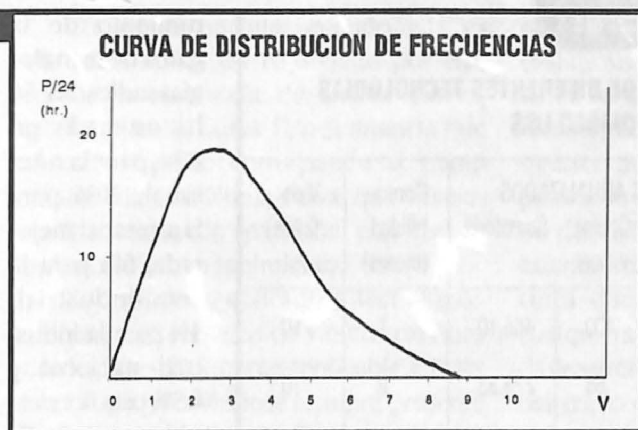


FIG. 3

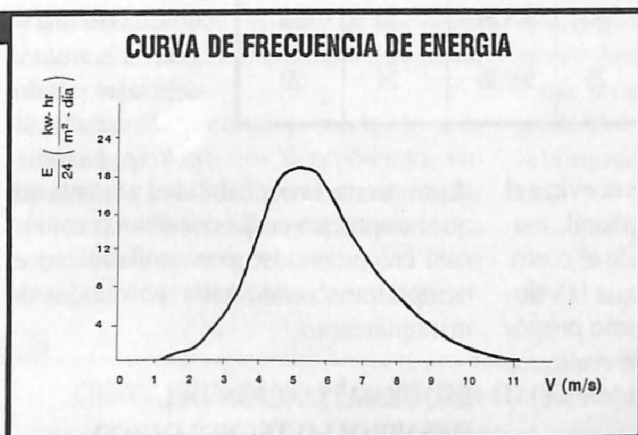
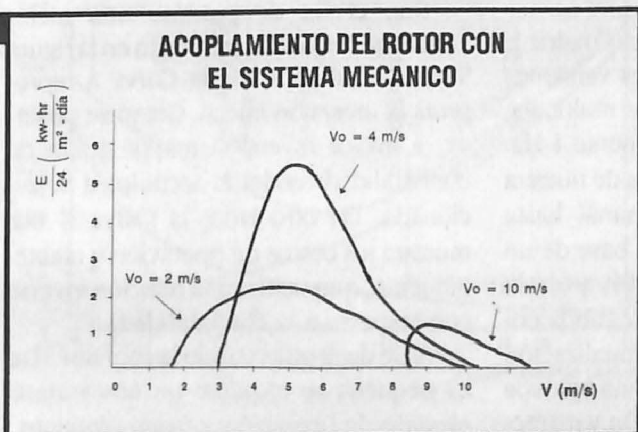


FIG. 4



3.2 ACOPLAMIENTO DEL SISTEMA MECANICO AL ROTOR.

Un aspecto importante para el buen funcionamiento de un sistema eólico es el correcto acoplamiento entre el sistema mecánico (o eléctrico) con el rotor, con lo que estamos usando mejor nuestra inversión.

Si multiplicamos la figura 3 por las eficiencias de conversión de la pala y bomba, para diversas velocidades de diseño, obtenemos figuras en las cuales se nota que la transferencia de energía tiene un valor máximo a una determinada velocidad de diseño, tal como aparece en la figura 4.

Referente a la velocidad de arranque, ésta depende también de la velocidad de diseño, y es inversamente proporcional a la solidez (Nº de palas) del rotor, pero se puede disminuir haciendo un pequeño orificio en la cámara de presión de la bomba.

Como consecuencia de lo anterior aparecen indicadores para los rangos de velocidad en los que debe operar una máquina eólica y surge la necesidad de incluir en el diseño mecanismos de seguridad que sa-

Cuadro 1**COSTOS ANUALIZADOS DE DIFERENTES TECNOLOGIAS DE BOMBEO US\$**

Tecnología	Inver Inic	COSTOS ANUALIZADOS			Confia- bilidad (meses)	Vida (años)
		I.Inic.	Operac y man.	Sumatoria		
Artesanal	500	65,10	400	465,10	1	10
Artesanal Mejorado	850	138,33	85	223,33	9	10
Semi Industrial	1300	170,91	65	223,95	12	15
Nacional	4000	469,84	40	509,84	20	20
Industrial Importada	5000	567,30	25	592,30	24	20

nimiento de la gama de tecnologías indicadas. Se ha estimado un 80% para la artesanal, 10% para la artesanal mejorada, 5% para la semi-industrial, 1% para la industrial nacional y 0.5% para la industrial importada. Finalmente en la quinta columna figura la sumatoria del total requerido.

Para éstos cálculos se ha toma-

do en cuenta la confiabilidad y la vida útil que se aprecian en las dos últimas columnas, entendiéndose por confiabilidad el tiempo transcurrido entre actividades de mantenimiento.

quien la máquina del viento para evitar el sobredimensionamiento estructural, mejorar la confiabilidad y por ende el costo. También, la selección correcta de la velocidad de diseño (1) con el mismo propósito. Un análisis similar puede realizarse para el caso de los aerogeneradores. (16)

do en cuenta la confiabilidad y la vida útil que se aprecian en las dos últimas columnas, entendiéndose por confiabilidad el tiempo transcurrido entre actividades de mantenimiento.

ESQUEMATIZACION DEL DESARROLLO TECNOLOGICO

4.0 COSTO DEL SISTEMA (19)

En la primera columna del Cuadro 1, se han considerado diferentes versiones tecnológicas, de aerobombas multipala, para el riego de aproximadamente 1 Ha. de verduras en zonas ventosas de nuestra Costa, partiendo de la artesanal hasta llegar a la industrial. Sobre la base de un factor de anualización del 10% y de la inversión que aparece en la segunda columna, se ha obtenido la anualización respectiva. En la cuarta columna aparece el costo anual para la operación y mante-

Con el fin de permitir una mejor visualización, se han graficado en la figura 5 estos resultados; ahí la Curva A representa la inversión inicial. Como se observa, a mayor inversión mayor grado de confiabilidad tendrá la tecnología seleccionada. De otro lado, la Curva B nos muestra los costos de operación y mantenimiento, que tienen una relación inversa con respecto a la confiabilidad.

Vale decir que cuando la confiabilidad es pequeña se requiere un costo anual elevado de operación y mantenimiento.

Consecuentemente, cuando ella es elevada implica un bajo costo por este rubro. La sumatoria de ambas curvas, graficada en la Curva C, nos muestra que el costo óptimo corresponde al punto mínimo de esta última curva, que relaciona los costos de inversión con los de operación y mantenimiento.

Este modelo, aplicado a tecnologías utilizadas en molinos de viento con fines de riego, es fácilmente replicable a otras tecnologías, teniéndose siempre presente que, en cualquier diseño, un requisito indispensable para encontrar un Costo total Mínimo debe provenir de la comparación del valor de la confiabilidad con el valor del costo.

Bajo esta premisa y volviendo a la figura 5 que estamos describiendo, encontramos una zona punteada alrededor del valor mínimo, que nos muestra dos caminos de entrada: el primero, (IT) de menores inversiones iniciales, que llama-

remos Artesanal Mejorado; y el segundo (SS) de mayores inversiones, que denominaremos Semi-Industrial. Ambos definen tecnologías muy concretas y diferentes, que son aquellas ubicadas en la serie de puntos de la Curva C, comprendidos dentro de la zona punteada y que, por ende, estarán muy cerca del punto mínimo. Lo cerca que se encuentra de éste punto cualquiera de las tecnologías que se decida desarrollar, dependerá primordialmente del grado de dominio tecnológico alcanzado sobre ellas.

Lo mismo que cualquier otra actividad, la generación de tecnología es sumamente dinámica y por ello ha dado origen a una serie de familias de máquinas que, graficadas, darán lugar a nuevas curvas en la búsqueda de soluciones que impliquen cada vez menores inversiones iniciales, con igual grado de confiabilidad.

Con este marco conceptual, extraído de la experiencia ganada con setenta

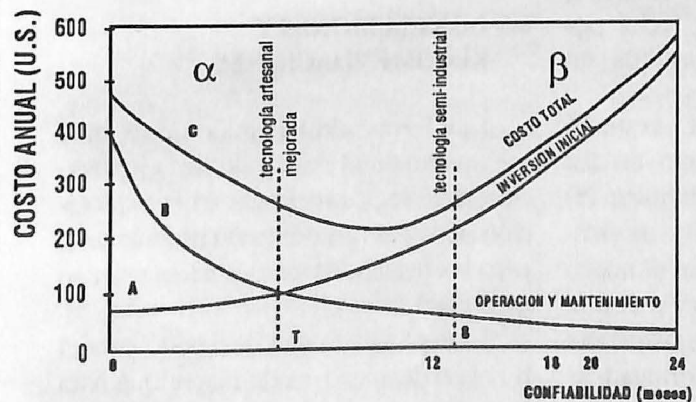
instalaciones hechas por el ITINTEC, en adelante se describen las acciones ejecutadas en los dos frentes señalados, cabe decir: Tecnología Artesanal Mejorada y Tecnología Semi-Industrial. Fig. 5

5.0 DESARROLLO DE LA ENERGIA EOLICA EN EL PERU

Con respecto a la figura 5 podemos decir que, en nuestro país existe una tecnología artesanal usada en gran escala en las co-

FIG. 5

COSTOS ANUALIZADOS DE UN SISTEMA EOLICO



munidades campesinas de Miramar y Vichayal en Piura, donde se usa para el riego de más de 2,000 Has. de hortalizas desde hace más de 80 años (zona a).

Existen también más de un millar de máquinas multipala en Pachacutec-Arequipa, construidas hace más de 30 años (zona ß) en pequeños talleres de metalmecánica del lugar y muchos otros a lo largo de nuestra costa y en el Altiplano.

En la década de los 80 el Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas, ITINTEC, desarrolla innovaciones en los frentes TT y SS, primero con rotores multipala y luego con pocas aspas (baja solidez), construyendo prototipos que fueron instalados en diversos departamentos del país, como Piura, La Libertad, Arequipa, Puno, Ayacucho, en el marco de convenios con Universidades, comunidades, proyectos de desarrollo y parroquias.

Se desarrollaron así máquinas eólicas de hasta 5 m. de diámetro, que llegaron a bombear 4" de agua en Luín, a una profundidad de 7m.

Quedó construida y por instalarse en 1986, una máquina de 10 m. de diámetro, que no se efectuó hasta la fecha por problemas económicos, surgidos en ITINTEC.

En este período en ITINTEC se estudió también el régimen de viento en los departamentos de Piura y Arequipa (5) (14). Electroperú realizó estudios de viento en toda la Costa peruana, en el marco de un convenio de Cooperación con el Gobierno de Italia, pero lamentablemente no se tienen informes de los resultados.

Los conceptos teóricos, tanto del estudio eólico como del diseño de las máqui-

nas, que dieron lugar a innovaciones, fueron difundidos en seminarios de carácter nacional como internacional. (4) (5) (14) La tecnología de las máquinas artesanales se dió a conocer a través de planos y manuales, la semindustrial con procesos de transferencia. (3) (19)

El uso de mecanismos de seguridad en el cabezal, el encamisado con lámina de plástico de la bomba y el rediseño de los cabezales, aumentó la confiabilidad de los multipala.

Con las máquinas de baja solidez se logra aumentar la eficiencia de éstas y bajar aún más los costos.

Con éstas innovaciones las aerobombas se presentan como alternativas que compiten con ventajas con las motobombas para el apoyo del agro en nuestro medio (14).

Los aerogeneradores no han tenido aplicaciones masivas, como las aerobombas, en nuestro país. A fines de la década de los 80, la Pontificia Universidad Católica, con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología desarrolló un prototipo de 0.5 kW, que fué instalado en forma experimental en varios lugares del país.

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La información ha tenido un rol muy importante en el desarrollo de la innovación tecnológica realizada en la explotación de la energía eólica en nuestro país, pero los resultados todavía no se usan en gran escala.

La explotación y el desarrollo para el bombeo de agua ha sido mayor que para la generación de electricidad, representando una alternativa concreta para las

motobombas en el Agro.

La explotación del recurso en nuestro país se ubica en el orden de los 0.5 kW.

Se recomienda establecer mecanismos para orientar a los centros de investigación y empresas industriales en el uso correcto de la información, para introducir innovaciones en los procesos de desarrollo tecnológico, y comercializar el resultado de los mismos.

Se recomienda consolidar las innovaciones logradas en el rango anotado, con instalaciones masivas para pequeñas irrigaciones y electrificación rural.

Se recomienda iniciar el desarrollo en el rango de 1-5 kW. Se recomienda estudiar mejor el recurso eólico. □

BIBLIOGRAFIA

1. A. Oliveros, T. Sánchez, A. Herrera, "Comportamiento de Aerobombas de Baja Solidez", CONIMERA VIII, Lima, 1986.
2. Alfredo Oliveros, Teodoro Sánchez, Emilio Mayorga, "Comportamiento de Molinos de Viento para Bombeo de Agua", Serie Energía Solar #3 - Vol. 7, Agosto 1981, Lima-Perú.
3. ITINTEC, Serie "Hágalo Ud. Mismo", Cómo construir un Molino de Viento, Agosto 1982, Lima-Perú.
4. ITINTEC-OLADE, "I Curso Latinoamericano Sobre Molinos de Viento para Bombeo de Agua", Lima-Perú, Agosto de 1981.
5. ITINTEC, "Primer Seminario Nacional sobre Energía Eólica", Piura, Perú, Octubre 1982.
6. P.T. Smulders, "Physical Aspects of Windmill Design", Physics in Technology, 1976, Vol. 7, Part. 5.
7. W.A.M. Jason, "Rotor Design for Horizontal Axis Windmills", May 1977 SWD, Amersfort.
8. Th. A. H. Dekker, "Performance Characteristics of some Sail and Street Blanded Windrotors", December 1977, Amersfort.
9. E. H. Lyson, "Introduction to Wind Energy" August 1982, SWD, Amersfort.
10. N. Van de Ven, "Construction Manual for a Cretan Windmill", October 1977 SWD, Amersfort
11. J. L. Alelo y Otros, "Prospección Evaluación y Caracterización de la Energía Eólica", Serie de Documentos de OLADE, # 10, Quito, Ecuador.
12. J. P. Hannassay Jr., "A Composition of the Weibull Potential Wind Energy", Vol. 12, #3, 1976.
13. N. Pletersen-Carta Personal, Marzo 1981.
14. ITINTEC, "Segundo Seminario Nacional sobre Energía Eólica", Tacna-Perú, Mayo 1985.
15. OLADE, "Atlas Eólico Preliminar de América Latina y el Caribe", Volumen IV, Perú, Bolivia, Placa, Quito, Ecuador, 1983.
16. A. Oliveros, "Small Aerogenerators for the Rural Areas of Perú", School of Engineering Science University of Edinburgh, Scotland, December 1980.
17. Join Perú, United States Report on Perú, United States Cooperative Energy Assessment, Vol. IV, Annexes 5-7, Lima- June 1979.
18. J. Park, "The Wind Power Book" ED. Chesire Books, Palo Alto, California, USA.
19. A. Oliveros, "Experiencia del ITINTEC en la Transferencia de Tecnología Metalmeccánica", Revista del ITINTEC, Año 3, No. 9, Lima, Marzo 1986.
20. A. Oliveros, "Tecnología Energética y Desarrollo".CONCYTEC, Lima 1990.
21. D. Rittenhouse, "La Energía Eólica", Ed. Fraternal 1981, Argentina.