

“DISPONIBILIDAD EOLICA EN LOS VARELA - DPTO. AMBATO - CATAMARCA”⁽¹⁾

JUAN R. SEQUI
Facultad de Ciencias Agrarias
(CIITTEC)
Av. Belgrano y Mtro. Quiroga
CP 4700 – Catamarca –
Tel-Fax: (03833)430504
Email: sequi@agrarias.unca.edu.ar

RAFAEL R. HERRERA **CARLOS D. RODRIGUEZ**
Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología
República 838 - 4700 - San Fernando del Valle de Catamarca - Catamarca
Te: 03833-437585

JUAN C. MARCHIOLI **ALBERTO D. FERNÁNDEZ**
Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas – UNCA
Maximio Victoria 55 – CP 4700 – Catamarca – Tel-Fax: (03833) 435112
Email: jcmarch@arnet.com.ar

RESUMEN

En este trabajo se describen las características principales del recurso eólico en la región centro-norte del valle de la Subcuenca del Río Los Puestos, a partir de los registros sistemáticos de velocidad y dirección del viento, por un período de 24 meses consecutivos, en la Estación registradora instalada en Los Varela - Dpto. Ambato - Catamarca.

Los datos procesados estadísticamente brindan información respecto a la distribución de frecuencias de velocidad, las velocidades clasificadas y las calmas clasificadas, siempre a partir de sus posibilidades de aprovechamiento a nivel de máquinas lentas y de turbinas rápidas. También se muestran los valores de potencia en Kw.h/m² distribuidos mensualmente.

En síntesis podemos decir que se descarta la posibilidad de acceder a grandes aprovechamientos a partir de turbinas rápidas, pues los valores medios de velocidad no alcanzan los mínimos requeridos para ese tipo de máquinas. En cambio tienen muy buenas posibilidades las máquinas lentas como los molinos americanos para bombeo de agua y los pequeños generadores eléctricos para bajo consumo, pues existe una buena distribución mensual y anual, con valores de velocidad bastante aceptables.

INTRODUCCIÓN

La energía eólica constituye una alternativa interesante como fuente natural para ser aprovechada en regiones con carencia de sistemas energéticos tradicionales. A diferencia de lo que ocurre con la energía solar, si en nuestra provincia aún la eólica no ha sido difundida, es porque todavía no se conoce totalmente su disponibilidad y sus características. Las condiciones orográficas propias de nuestra región, conllevan a tener en cuenta dos condiciones: primeramente y a diferencia de los espacios llanos, el viento corre a través de corredores que deben ser identificados y medidos para evaluarlos en sus condiciones de aprovechamiento; segundo, las zonas elevadas de los cordones montañosos ofrecen, por mediciones previas, muy buenas perspectivas para constituir granjas eólicas generadoras de energía eléctrica para aprovechamiento directo o para incorporación a las redes. Esto puede resultar auspicioso pues constituye una forma de aprovechar espacios que a priori no tienen otra oportunidad de explotación. Por un convenio entre la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCA y la Secretaría de Estado del Ambiente de la Provincia se está llevando a cabo un Programa para evaluar las características del recurso eólico por regiones, a fin de elaborar un mapa de viento que sirva como orientador respecto de las posibilidades energéticas dentro del territorio provincial.

La Estación registradora fue instalada en Los Varela, ubicada en la región centro-norte del valle de la Subcuenca del Río Los Puestos, en el Departamento Ambato, Provincia de Catamarca, que se extiende entre los paralelos 27°54' y 28°03' de Latitud Sur y los meridianos 65°45' y 65°55' de Longitud Oeste. Se trata de un valle intermontano longitudinal, con orientación norte-sur, delimitado por las cumbres de la Sierra de Humaya al Oeste; las cumbres de Balcozna-Lampazo al Este y la divisoria que se constituye en los Altos de Singuil por el Norte (Báez, G. et al; 1993). Según la cartografía planialtimétrica de la región (Leiva Méndez, D. et al; 1993), las alturas sobre el nivel del mar de los cordones montañosos varían entre 1.040 m hacia su límite Sur y los 2.278 m al Noroeste sobre la Sierra de Humaya, registrándose una temperatura media anual de 17°C.

(1) Proyecto financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNCA y parcialmente financiado por la Secretaría de Estado del Ambiente de la Provincia.

MATERIAL Y MÉTODO

Se utilizó una Estación de medición de velocidad y dirección de viento modelo EVD-1B, marca BAPT, con microprocesador de 8 bytes, 2 Kbytes de memoria RAM y 8 Kbytes en EPROM para firmware y con una capacidad de almacenamiento de 90 días. El sensor de velocidad es un modelo SV-1, de tres copelas troncocónicas, de 50 mm de diámetro, con vértice semiesférico y ± 0.2 m/seg o 2 % de exactitud. Puede medir en un rango de 0 a 60 m/seg, con un umbral de funcionamiento menor a 0,4 m/seg y un radio de giro de 97 mm. El sensor de dirección de viento es un modelo SD-1. Los sensores se ubicaron sobre una torre de hierro, a 10 metros de altura. Los datos de velocidad y dirección se recolectaron aproximadamente cada 90 días, utilizando una computadora tipo LAPTOP, marca TOSHIBA T 1000 LE, para luego ser procesados de acuerdo con los programas informáticos seleccionados para el trabajo. Con esta información se confeccionaron las tablas de frecuencia de velocidad de viento para cada mes y la tabla resumen anual, agrupando los datos en rangos de 1 m/seg de amplitud. Se determinaron también los estadísticos de posición mas importantes: media, mediana y modo y los valores característicos de dispersión: Varianza y Desviación estándar. Las operaciones estadísticas fueron realizadas directamente utilizando un diseño en planilla electrónica con Excel 5.0. Posteriormente el análisis de varianza fue realizado utilizando el paquete estadístico de SPSS. Luego se procedió a trazar, las respectivas curvas o histogramas de frecuencia y las curvas características (Le Gourrieres Desire. pag: 21-28; 1983) de: a) **Velocidades clasificadas:** que permite precisar la fracción de tiempo mensual o anual en que el viento supera una velocidad dada. b) **Calmas clasificadas:** que nos permite visualizar el número de períodos en los cuales la velocidad se mantuvo por debajo de 3 m/seg. y 5 m/seg. respectivamente. c) **Histograma de distribución de energía** para el período considerado (Kwh/m^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La velocidad del viento fue la principal variable de estudio, gracias a la cual se puede calcular posteriormente la energía disponible, fundamental al momento de decidir la posibilidad de aprovechamiento. En este sentido se consideran los registros obtenidos durante el período comprendido entre el 01/04/94 hasta el 31/03/96. Estos valores fueron registrados cada hora y durante todo el período considerado (17.184 horas), salvo los once días perdidos en 1994 (meses de Septiembre y Diciembre) y seis días de Marzo de 1996.

La Tabla N° 1 muestra la suma total de veces que se presentaron, a lo largo de los dos años de estudio, valores de velocidad comprendidos dentro del correspondiente rango (Frecuencia Absoluta) y el valor proporcional de tal frecuencia con respecto al total de valores registrados (Frecuencia relativa).

Tabla N° 1: Distribución de Frecuencia de Viento
Localidad: Los Varela

Período: Abril/94 - Marzo/96

Rango	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	M. de Clase	Media	Varianza
0,00 - 0,99	1529	0,09	1529	0,5	764,5	10773,46
1,00 - 1,99	1791	0,10	3320	1,5	2686,5	4902,31
2,00 - 2,99	5112	0,30	8432	2,5	12780	2189,47
3,00 - 3,99	4242	0,25	12674	3,5	14847	506,53
4,00 - 4,99	2473	0,14	15147	4,5	11128,5	4477,41
5,00 - 5,99	1427	0,08	16574	5,5	7848,5	7850,82
6,00 - 6,99	468	0,03	17042	6,5	3042	5238,20
7,00 - 7,99	108	0,00	17150	7,5	810	2039,45
8,00 - 8,99	27	0,00	17177	8,5	229,5	771,52
9,00 - 9,99	5	0,00	17182	9,5	47,5	201,33
10,00 - 10,99	1	0,00	17183	10,5	10,5	53,96
11,00 - 11,99	1	0,00	17184	11,5	11,5	69,65
	17184	1,00			3,15	2,27

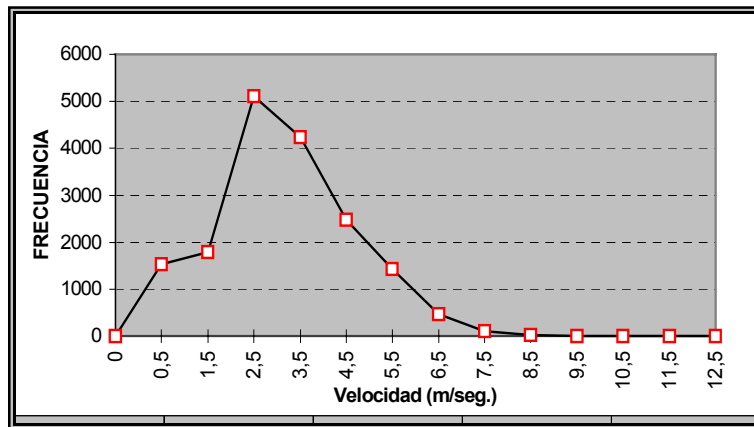
Media: 3,15 m/seg

Desviación Estándar: 1,50 m/seg

Como se observa, en el 55 % de los casos (9.354), se registraron velocidades de viento comprendidas entre los 2 m/seg y los 4 m/seg, con una media total para el período en estudio de 3,15 m/seg. También es importante rescatar que muy pocas veces se registraron horas sin viento, sumando solo un 9 % de registros con velocidades inferiores a 1 m/seg y un total de 19 % de velocidades inferiores a 2 m/seg. Esto es importante porque por lo general se considera que 2 m/seg es el límite inferior de velocidad para poder utilizar máquinas eólicas. Por otra parte, solamente en un 11 % se registraron velocidades superiores a 5 m/seg lo cual indica que no hay viento suficiente para el uso de máquinas eólicas rápidas. Tampoco se registraron valores importantes por encima de los 10 m/seg. lo cual significa la no existencia de vientos arrachados (fuertes ráfagas) que harían necesarias estructuras costosas, de mucha resistencia, para sustentar las turbinas generadoras.

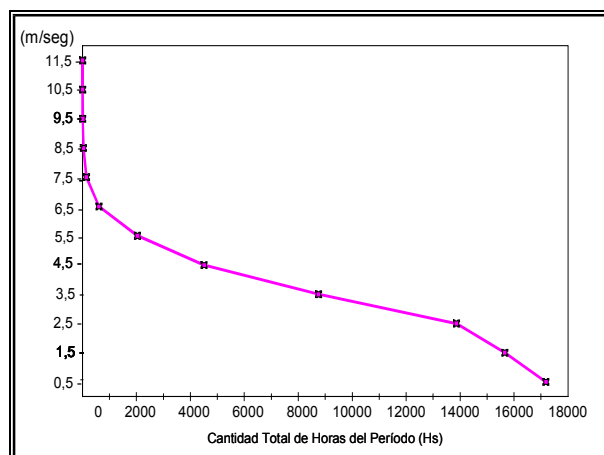
La distribución de frecuencias se puede observar mejor en el Gráfico N° 1 donde se muestra el Polígono de Frecuencias Absolutas resultante de la unión de los puntos medios de cada intervalo (Marca de Clase). Vemos que el 69 % de los datos se agrupan dentro del rango de velocidades comprendido entre los 2 m/seg y los 5 m/seg. Correlacionando el Gráfico N° 1 con la Tabla N° 1 podemos ver también que el 19 % de los valores registrados están por debajo de los 2 m/seg, valor éste considerado "no aprovechable". Es de destacar también que la dispersión respecto de la media no es significativa, ya que una Desviación Estándar de 1,5 m/seg. no resulta importante para todo el período considerado.

GRÁFICO N° 1: Polígono de frecuencias Absolutas (Período Abril/94 - Marzo/96). Los Varela - Dpto. Ambato - Catamarca.



El gráfico N° 2, muestra la curva de velocidades clasificadas para todo el período de mediciones. En el mismo podemos visualizar la suma total de horas en que se registro un valor igual o superior a una dada velocidad. Esto puede hacerse en virtud de que se puede tomar cada registro como una hora transcurrida, puesto que cada valor representa el promedio de velocidad en una hora.

GRÁFICO N° 2: Curva de Velocidades Clasificadas (Período Abril/94-Marzo/96). Los Varela - Dpto. Ambato - Catamarca.



Es importante conocer la cantidad total de horas en que la velocidad toma valores superiores a los 2 m/seg, límite inferior para las turbinas lentas. Verificamos que durante 13.864 Hs. hubo velocidades superiores al valor referenciado (81 %), lo que indica una interesante posibilidad de utilización. Esto también lo podemos referenciar a días aprovechables, si transformamos convenientemente la cantidad de horas. Sobre un total de 716 días, 578 fueron aptos, durante sus 24 horas, para hacer funcionar la turbina. No ocurre lo mismo cuando se analiza la velocidad de 5 m/seg, considerado el límite inferior para el funcionamiento de las turbinas rápidas, generalmente utilizadas para conformar granjas eólicas. Solamente en 2.037 horas (11,8 %) se registraron valores iguales o superiores a esa velocidad, es decir, solo en 84 días del período, lo que indica muy pocas perspectivas de utilización.

El Gráfico N° 3 muestra las curvas representativas de los períodos de calmas a partir de una velocidad límite de 3 m/seg, es decir 1 m/seg por encima de la necesaria para el arranque de las turbinas lentas y de 5 m/seg que corresponde a las turbinas rápidas y que ya dijimos tienen escasa posibilidad. Además se seleccionó el mes de menor registro de viento de todo el período, por ser el más crítico en cuanto al cálculo de la reserva energética.

La Tabla N° 2 muestra la variación de la velocidad media por cada mes, durante todo el período de estudio y los respectivos valores de Potencia disponible en Kw.h/m².

Como se observa, no hay una gran variabilidad en las velocidades medias de todo el período y por lo tanto tampoco hay dispersión significativa en cuanto a la potencia disponible.

GRÁFICO N° 3: Calmas Clasificadas. (Período Abril/94 - Marzo/96). Los Varela - Dpto. Ambato - Catamarca.

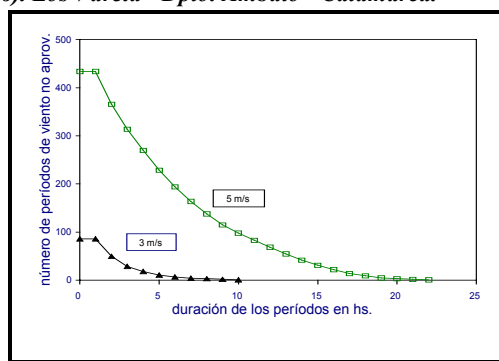


Tabla N° 2: Velocidad media mensual y energía disponible mensual

Localidad: Los Varela

Período: Abril/94 - Marzo/96

Meses	1994/95	1995/96	Energía (*) (Kw.h/m ²)	Meses	1994/95	1995/96	Energía (*) (Kw.h/m ²)
Abril	3,11	3,14	39,67	Octubre	3,06	3,42	44,22
Mayo	3,02	3,08	36,88	Noviembre	3,33	3,22	45,66
Junio	3,21	3,35	45,87	Diciembre	3,09	3,25	41,41
Julio	3,18	3,46	47,57	Enero	3,04	3,04	36,52
Agosto	3,42	3,51	54,08	Febrero	2,96	3,35	40,83
Septiembre	3,15	2,8	34,23	Marzo	2,94	2,67	28,69
Energía promedio mensual							41,30

(*) Calculada en base a la velocidad promedio.

En cuanto a la dirección predominante del viento, debemos confirmar lo expresado en el trabajo anterior, ya mencionado, cuando se analizaron los datos correspondientes al primer año de mediciones. Desde finales de otoño y hasta mediados de primavera, los vientos predominantes (65 %) provienen del cuadrante Este / Este-Sudeste. También en esa dirección se dan los valores promedio máximos de velocidad. En los meses de verano (Enero, Febrero y Marzo), se registra la mayor cantidad de vientos provenientes del cuadrante Oeste / Oeste-Noroeste y Noroeste, aunque, en general, solo representan aproximadamente el 24 % del total registrado.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que la región centro-norte del valle de la Subcuenca del Río Los Puestos presenta una buena disponibilidad de viento para ser aprovechada como fuente de energía para bajos consumos. Una media de velocidad ligeramente superior a 3 m/seg. (con una baja desviación estándar), es un valor interesante para la utilización de máquinas lentas. Además, el hecho de que en un 81 % de las horas del período (13.864 Hs) se haya registrado una velocidad superior al límite inferior, garantiza la posibilidad de aprovechamiento continuo a lo largo del año. Esto se ve corroborado por la curva de calmas, donde, para el mes más crítico, los espacios de tiempo con velocidades de viento inferior a los 3 m/seg. tienen, en la mayoría de los casos, menos de 5 horas.

En cambio, se descarta la posibilidad de construir granjas eólicas en esa zona, pues la frecuencia de valores de velocidad que superan los 5 m/seg. son muy bajos y por lo tanto la disponibilidad de potencia no justifica la inversión en eólicas rápidas. No se verifican grandes variaciones en las velocidades registradas, lo cual significa que los vientos no son arrachados. No se registran velocidades por encima de los 12 m/seg. lo que facilita la instalación de molinos y pequeños generadores, sin requerir estructuras de soporte complicadas ni costosas. Tampoco se verifican cambios bruscos en la dirección del viento lo que favorece estas instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

SEQUI J. R. et al. 1997. "Cuantificación Del Recurso Eólico En Los Varela - Dpto. Ambato - Catamarca; Período: Abril/94 - Marzo/95". Revista de Ciencia y Técnica. UNCa. Vol. 5; pags: 25-41.

BÁEZ, G. et al. 1993. "Geomorfología de la Subcuenca del Río Los Puestos - Sistema Integrado Pirquitas". Consejo Federal de Inversiones (CFI) - Gobierno de Catamarca. Secretaría de Ciencia y Tecnología de Catamarca (SECYTCa).

LEIVA MENDEZ, D. et al. 1993. "Cartografía de la Subcuenca del Río Los Puestos - Sistema Integrado Pirquitas". Consejo Federal de Inversiones (CFI) - Gobierno de Catamarca. Secretaría de Ciencia y Tecnología de Catamarca (SECYTCa).

LE GOURRIERES DESIRE. 1983. "Energía Eólica". Editorial Masson. Pag 21-28.