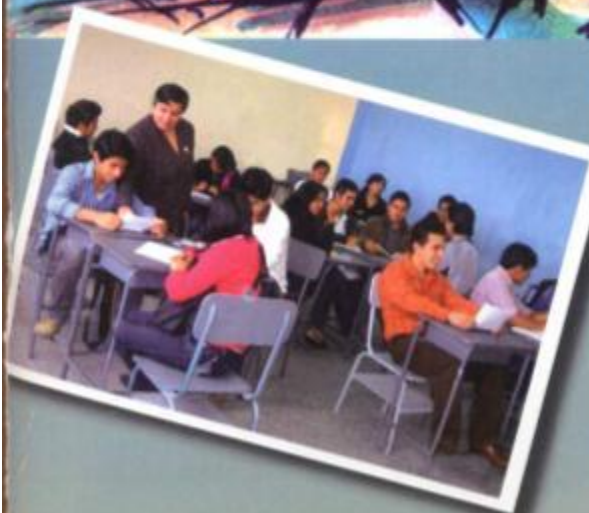




REVISTA

DE LA ASOCIACIÓN DE PROFESORES AEIRNNR

Órgano Oficial de Difusión Cultural de la Asociación de Profesores del Área de la Energía,
las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja.



PARTICIPACIÓN SEXTO ENCUENTRO DE CULTURAS



Igualmente, nuestra asociación tuvo una importante participación en el Pregón del VI Encuentro de Culturas organizando actos artísticos con los estudiantes de nuestra Unidad Académica.



Autoridades Universidad Nacional de Loja

Dr. Gustavo Villacís Rivas
Rector

Dr. Ernesto González Pesantes
VICEPRESIDENTE

Ing. José Ochoa Alfaro
Director del Área de Energía.

Comité Ejecutivo Asociación Profesores

Ing. Aurita Gonzaga F.
PRESIDENTA

Ing. Jaime Larriva Vélez
VICEPRESIDENTE

Ing. Miguel Eras
SECRETARIO

Ing. Ángel Iñiguez
TESORERO

VOCALES

Ing. Jorge Gahona P.

Ing. Armando Salgado

Dr. Vicente Suárez Jaramillo

COMITÉ TÉCNICO EDITORIAL:

Ing. Aurita Gonzaga F.

Dr. Vicente Suárez Jaramillo

<http://asoprofesoresaeirnnr.wordpress.com/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
Área de la Energía, las Industrias y los
Recursos Naturales No Renovables

ASOCIACIÓN DE PROFESORES

REVISTA DEL AEIRNNR

Director Editorial Universitaria
Lic. Vicente Regalado

Diseño y Diagramación:
Fernando Patricio Castillo
087738010

Portada:
Acuarela, Estuardo Figueroa Castillo.

CONTENIDO



Pág **4**



Pág **5**



Pág **6**



Pág **54**



Ambientes del Área de Energía

PRESENTACIÓN

El Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, como unidad académica de la Universidad Nacional de Loja se identifica plenamente con la visión y misión institucional, aportando efectivamente al desarrollo de la Región Sur y al país en general, en el criterio científico-técnico del aprovechamiento de estos recursos, con enfoque humanista, de equidad y sostenibilidad ambiental.

Quienes laboramos en calidad de docentes, partiendo de sus lineamientos institucionales entregamos a vuestra consideración la primera publicación de la Revista de la Asociación de Profesores del AEIRNNR; aspiramos poder informar a la comunidad universitaria y a la sociedad en general las fundamentales acciones y campos de carácter académico en los niveles: técnico tecnológico, artesanal, de pregrado, postgrado, en su sólida base científica y en pertinencia con los requisitos tecnológicos de las profesiones; así como valorizar, enriquecer, promocionar y difundir la cultura regional y nacional en su vida social. Aspiramos a que sus contenidos sean de interés.

Expresamos nuestra congratulación por la Acreditación alcanzada por nuestra Universidad Nacional de Loja, por parte del CONEA, el 4 de marzo del presente año, e incentivamos a los docentes y estudiantes a continuar con calidad sus prácticas profesionales y su permanente interés en la investigación científica y tecnológica, priorizando líneas de investigación que contribuyan al desarrollo institucional y a la solución de los grandes problemas nacionales, su gestión de calidad en coordinación con la Comunidad.



**Ing. Aurita Gonzaga
Figueroa Mg.Sc
PRESIDENTA APAEIRNNR**



EDITORIAL

LA ACREDITACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

Ing. José Ochoa A.
DIRECTOR DE LA AEIRNR



"LA ACREDITACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA ES EL RECONOCIMIENTO AL ESFUERZO DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA, EVIDENCIADA EN LA PERTINENCIA DE SUS PROGRAMAS Y PROYECTOS"

Nuestra querida ALMA MATER Loja es en la actualidad un referente académico y de investigación en la Región Sur del Ecuador, merced al trabajo fecundo, dinámico e inteligente de sus diferentes estamentos, lo que se ha traducido en reconocimientos nacionales e internacionales, a través de su historia y de un importante reconocimiento social de sus graduados, egresados y de la comunidad en general.

En momentos en que la sociedad en su conjunto sufre importantes cambios, nuestra universidad es, a no dudarlo una forma de conciencia social que orienta el debate a

través de sus ponencias en lo académico-científico-técnico, cultural y deportivo.

Todo lo anteriormente señalado ha permitido que el CONEA, en sesión del 4 de marzo del 2010, resuelva ACREDITAR A LA UNIERSIDAD NACIONAL DE LOJA, lo que debe ser entendido como un reconocimiento a la gestión y al cumplimiento de las funciones sustantivas de nuestra Institución que nos prestigia a todos los que hacemos el ALMA MATER Loja. Que este acontecimiento histórico nos motive a todos a esforzarnos al máximo y comprometernos para que la Universidad Nacional de Loja sea la mejor del país.

MODELACIÓN MATEMÁTICA Y OPTIMIZACIÓN DE UNA VARIABLE DE UN AEROGENERADOR DE EJE HORIZONTAL



Jorge Luis Maldonado Correa ¹

Isidro Alemán ².

E-mail: jmaldc@yahoo.es

1. RESUMEN

El presente trabajo contiene una investigación que se fundamenta en la necesidad de explotar técnicamente la energía cinética del viento para generación eléctrica, para esto se estructuró el trabajo en dos capítulos con introducción y conclusiones de forma individual. En el primer capítulo se exponen de forma detenida las relaciones que describen la transformación energética en el aerogenerador y la aplicación del método de Lee y Christensen y con esto se encontró el algoritmo según el diagrama de Nassi-Scheirman que describen el comportamiento matemático de las principales variables que intervienen en el dimensionamiento de un aerogenerador.

El segundo capítulo muestra la optimización, para esto se aplicó uno de los métodos analíticos de optimización que es el MÉTODO DE MULTIPLICADORES DE LAGRANGE.

2. INTRODUCCIÓN

Una de las principales características del viento es su aleatoriedad en dirección y magnitud, resulta entonces de especial importancia por lo ya expuesto anteriormente, modelar las relaciones que permitan calcular la potencia útil

de un aerogenerador tripala de eje horizontal, adaptable a las condiciones eológicas de la provincia de Loja, conociendo de que existen lugares rurales marginales que carecen del energía eléctrica para satisfacer necesidades en estancias, escuelas, dispensarios médicos, etc.

3. MÉTODOS Y MATERIALES

3.1.1 Relaciones que describen la transformación energética en el aerogenerador

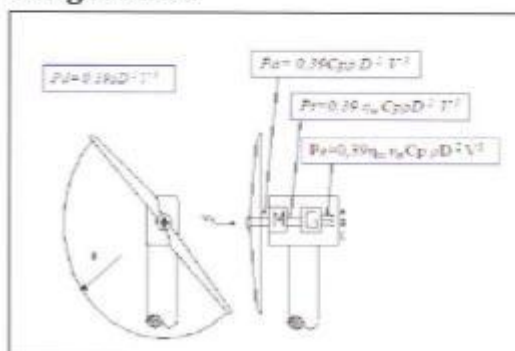


Fig.1 Transformación energética en un aerogenerador

La figura 1 muestra la transformación de la energía (energía cinética del viento - energía eléctrica) en un aerogenerador de eje horizontal.

¹ Ingeniero Electromecánico 2003.

² Docente y director del trabajo, Doctor Ph.D en Ciencias Técnicas, Hungría 1985. Profesor IPSJAE 1987.

RELACIONES:

1. $E_c = \frac{1}{2} m.V^2$
2. $m = \rho \cdot A \cdot V$
3. $P_d = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot V^3$
4. $P_a = \frac{1}{2} \rho \cdot C_p \cdot A \cdot V^3$
5. $P_u = \eta_m \cdot \eta_t \cdot C_p \cdot P_d$
6. $\lambda = \frac{\Omega \sqrt{A}}{V}$
7. $C_p = P_a / P_d$

Donde:

- E_c : Energía cinética m: masa
- V: velocidad del viento.
- ρ : densidad del viento
- P_d : potencia disponible.
- A: área barrida por el rotor.
- P_a : Potencia aprovechable.
- C_p : coeficiente teórico de Betz.
- P_u : Potencia útil.
- η_m : rendimiento mecánico.
- η_t : rendimiento total
- Ω : velocidad de rotación de las palas.
- λ : velocidad específica o " tip speed ratio "

Las variables de este modelo son: $E_c, m, V, \rho, P_d, A, P_a, C_p, P_u, \eta_m, \eta_t, \lambda, \Omega$

3.2 Aplicación del algoritmo de Lee y Christensen

- M: Número de variables = 13
- N: Número de relaciones = 7
- F: Grados de Libertad = $M - N = 6$

1er. Paso: Se fijan las siguientes variables como variables fijadas por el medio: $\rho, C_p, \eta_t, \Omega$
 Se fija la variable de elección discreta: P_u
 Asumiendo estos datos de entrada, se consumieron 5 grados de libertad.

2do. Paso: Desarrollo de la matriz estructural.

Eliminar de la matriz estructural las columnas correspondientes a las variables fijadas por el medio y la variable de elección discreta.

	E_c	m	V	ρ	A	P_d	P_a	C_p	P_u	η_m	η_t	Ω	λ
1	x	x	x										
2		x	x	x	x								
3			x	x	x	x							
4			x	x	x		x	x					
5						x		x	x	x	x		
6			x		x							x	x
7						x	x	x					

Localizar las columnas que contengan una sola X y eliminar de la matriz estructural reducida la(s) columna(s) y la(s) ecuación(es) correspondientes. $\langle 1, E_c \rangle; \langle 5, \eta_m \rangle; \langle 6, \lambda \rangle$

	m	V	A	P_d	P_a
2	x	x	x		
3		x	x	X	
4		x	x		x
7				X	x

$\langle 2, m \rangle$

	V	A	P_d	P_a
3	x	x	x	
4	x	x		X
7			x	X

Se ha presentado un lazo de reciclo por lo que algunas ecuaciones tendrán que resolverse simultáneamente.

	Ec	m	V	ρ	A	Pd	Pa	Cp	Pu	η_m	η_t	Ω	λ
1	x	x	x										
2		x	x	x	x								
3			x	x	x	x							
4			x	x	x		x	x					
5						x		x	x	x	x		
6			x		x							x	x
7						x	x	x					

$$k = \min \rho (X_i) - 1$$

$$\rho(A) = \rho(V) = \rho(Pd) = \rho(Pa) = 2$$

$$k = \min \rho (X_i) - 1 = 2 - 1 = 1$$

Identifique conjuntos de k ecuaciones que tengan la propiedad de que, cuando uno de ellos es eliminado, resulta un arreglo en el cual al menos una variable que aparece en una sola ecuación, y se aplica el algoritmo estudiado.

	V	A	Pd	Pa
3	x	x	x	
4	x	x		X

$$\langle 3, Pd \rangle; \langle 4, Pa \rangle$$

$$V \quad A$$

Como $K = 1$:

A: variable de reciclo

V: variable de diseño, se le asignara valor en cada simulación.

3er. Paso: El algoritmo según el diagrama de Nassi- Scheirman queda de la siguiente manera.

Asignar valores a las variables fijadas por el medio (ρ , Cp, η_t , Ω) y la variable de elección discreta (Pu)	
Asignar valor a la variable de diseño (V)	
Tomar un valor inicial para la variable de reciclo (A)	
	$\langle 3, Pd \rangle; \langle 4, Pa \rangle$
	$\langle 7, Cp \rangle$
	$\langle 2, m \rangle$
	$\langle 1, Ec \rangle; \langle 5, \eta_m \rangle; \langle 6, \lambda \rangle$

En función de los cálculos anteriores de la modelación de un aerogenerador de eje horizontal, se desea determinar la superficie mínima de barrido del rotor como elemento captador de la energía cinética de viento, fijando como restricción el volumen de aire de $3m^3$.

Para esto se aplicará uno de los métodos analíticos de optimización que es el **MÉTODO DE MULTIPLICADORES DE LAGRANGE**.

1. DESCRIPCIÓN GRÁFICA DEL PROBLEMA:

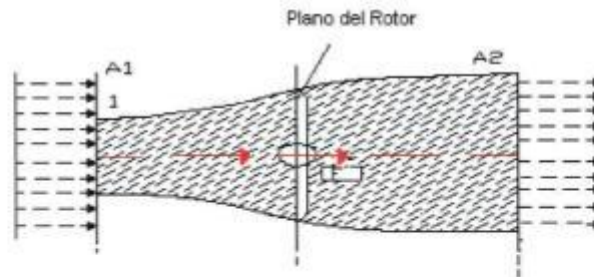


Fig. 2 Representación del flujo de viento a través de una turbina.

El comportamiento del ambiente donde se desarrolla el fenómeno describe un **CONO TRUNCO**. En tal virtud aplicando las ecuaciones de Área y Volumen de un cono trunco tenemos:

$$A = \pi \cdot h \cdot (R + r) + 2 \text{ tapas} = \pi \cdot r^2 + \pi \cdot R^2$$

$$A = \pi \cdot h \cdot (R + r) + \pi (R^2 + r^2)$$

$$A = \frac{\pi}{3} \cdot h \cdot (R^2 + r^2 + Rr)$$

Aplicando el **MÉTODO DE MULTIPLICADORES DE LAGRANGE**:

$$F.O = \pi \cdot h \cdot (R + r) + \pi (R^2 + r^2)$$

$$\text{Restricción: } 3 - \frac{\pi}{3} \cdot h \cdot (R^2 + r^2 + Rr)$$

$$F = \pi \cdot h \cdot (R + r) + \pi (R^2 + r^2) + \gamma \left[3 - \frac{\pi}{3} \cdot h \cdot (R^2 + r^2 + Rr) \right]$$

$$\frac{dF}{dR} = \pi h + 2R\pi - \gamma \frac{2\pi}{3} hR - \gamma \frac{\pi}{3} hr \quad (1)$$

$$\frac{dF}{dR} = \pi h + 2r\pi - 2\gamma \frac{\pi}{3} hr - \gamma \frac{\pi}{3} hR \quad (2)$$

$$\frac{dF}{dR} = \pi(R + r) - \gamma \frac{\pi}{3} (R^2 + r^2 + Rr) \quad (3)$$

$$\frac{dF}{d\gamma} = 3 - \frac{\pi}{3} h (R^2 + r^2 + Rr) \quad (4)$$

Simplificando las ecuaciones se tiene:

$$3h \cdot 6R - 2Rh\lambda - hr\lambda = 0 \quad (1)$$

$$3h \cdot 6r - 2rh\lambda - hR\lambda = 0 \quad (2)$$

$$3(R + r) - \lambda(R^2 + r^2 + Rr) = 0 \quad (3)$$

$$9 - \pi h(R^2 + r^2 + Rr) = 0 \quad (4)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtiene los siguientes valores:

$$R=0 \quad h=2.256 \quad r=1.127$$

Entonces

$$A= 11.95 \text{ m}^2 \quad V=2.992 \text{ m}^3 = 3 \text{ m}^3$$

Con A_{MIN} para Volumen dado = 3, se utilizan las ecuaciones de Área y Volumen de un CILINDRO tenemos:

$$A=2\pi \cdot (r^2+rh) \quad V=\pi \cdot r^2 \cdot h$$

Aplicando el MÉTODO DE MULTIPLICADORES DE LAGRANGE:

$$F = 2\pi \cdot (r^2 + rh) + \lambda[3 - \pi \cdot r^2]$$

$$\frac{dF}{dr} = 2\pi \cdot (2r + h) - 2\lambda\pi r = 0$$

$$\frac{dF}{dr} = 2\pi \cdot r - \lambda\pi r^2 = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones se obtiene los siguientes valores:

$$h= 1.561 \quad r=0,781$$

Entonces:

$$A= 11.5 \text{ m}^2$$

$$V=2.991 \text{ m}^3 = 3 \text{ m}^3$$

4. CONCLUSIONES:

Dado que debe cumplirse la ecuación de continuidad en el flujo del aire a su paso por el rotor del aerogenerador, no se puede extraer toda la potencia eólica disponible en el viento, ya que el viento a su paso por el aerogenerador se frena, saliendo con una velocidad menor que con la que ha entrado, esto se demuestra en la simulación.

Al obtener el radio mayor igual a cero ($R=0$), se puede colegir que el cono no es trunco sino termina en punta. No obstante realizó la optimización del modelo por el mismo método, asumiendo que el fenómeno se describe ahora en un cilindro.