



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

Booklets



RENIECYT
Registro Nacional de Instituciones
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

CONACYT

LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Diseño, simulación y control de un sistema eólico

Authors: Alejandro LINARES ENRÍQUEZ, Samuel ROMERO PAZARON

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2017-02
BCIERMIMI Classification (2017): 270917-0201

Pages: 20
Mail:

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.
244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			

Se presenta una propuesta de abastecimiento a través de energías renovables, se desarrolla con el diseño y la simulación para llevar a cabo un prototipo y análisis de control de un aerogenerador, estableciendo que las energías renovables son una alternativa de generación de energía limpia y eficiente.

Se analiza la conversión de energía mecánica de los elementos del sistema para definir las variables que intervienen y los parámetros a controlar. Se analiza desde el eje de baja velocidad, hasta el generador, considerando la potencia útil que se obtiene del viento al eje a una velocidad angular inicial. Se establece la mecánica de materiales, la dinámica, cinética y el sistema de control especificando la forma y el intervalo de control.

INTRODUCCION

La propuesta establece un aerogenerador con incremento de velocidad para el tipo de generador, ya que actualmente no se tiene este parámetro de incremento de velocidad angular, conservando la potencia lo que permita proporcionar una parte importante de la energía requerida en los hogares principalmente en las áreas rurales, pequeñas fábricas y comercios.

METODOLOGÍA A DESARROLLAR

- Un aerogenerador:

Es un dispositivo que transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica mediante un mecanismo de tren de engranajes.



METODOLOGÍA A DESARROLLAR

La energía disponible del viento es básicamente la energía cinética de las masas de aire moviéndose sobre la superficie de la tierra.

Por lo que esta dada por;

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

Considerando un rotor con un área seccional A expuesta a una ráfaga de aire, la energía cinética de la ráfaga de aire disponible para una turbina será:

$$E_c = \frac{1}{2} \rho_a v^2$$

$$\dot{m} = \rho_a A_1 V_1 = \rho_a A V_w = \rho_a A_2 V_2$$

- Donde la variación de la energía cinética del viento por unidad de tiempo es:

$$P_{util} = \frac{d(E_c)}{dt} = \frac{1}{2} \rho_a A V_w (V_1^2 - V_2^2) = \rho_a A V_w^2 (V_1 - V_2)$$

METODOLOGÍA A DESARROLLAR

Una turbina eólica no es capaz de extraer la potencia total que se encuentra en una masa de aire, sino que solo es capaz de extraer una fracción de está. Mediante la ley de la conservación de la masa, el flujo de la masa de aire debe ser igual en todo el tubo de flujo y el gasto másico constante, por lo cual:

$$\dot{m} = \rho_a A_1 V_1 = \rho_a A V_w = \rho_a A_2 V_2$$

- Donde la variación de la energía cinética del viento por unidad de tiempo es:

$$P_{util} = \frac{d(E_c)}{dt} = \frac{1}{2} \rho_a A V_w (V_1^2 - V_2^2) = \rho_a A V_w^2 (V_1 - V_2)$$

- La ley de Newton de rotación considera la relación entre el par aplicado y su aceleración angular resultante y establece que la suma algebraica de los momentos o pares alrededor de un eje fijo es igual al producto de la inercia por la aceleración angular alrededor del eje, la ecuación es:

$$\sum T = J \alpha = J \frac{dw}{dt} = J \frac{d^2\theta}{dt^2}$$

- La potencia disponible en la turbina es la potencia de entrada y se encuentra a partir de:

$$P_{util} = P_w C_p = \frac{1}{2} C_p \rho_a A V_w^3$$

- La potencia que extrae la turbina eólica, se puede ver de acuerdo a la ecuación:

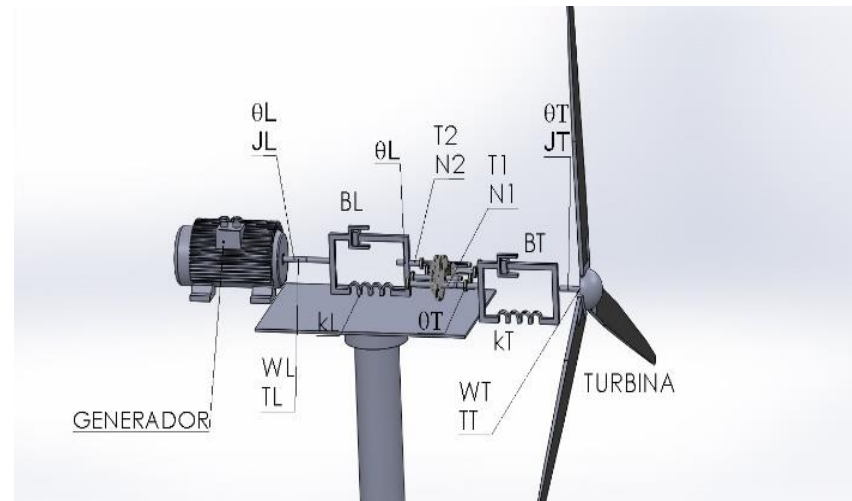
MODELO DEL SISTEMA EÓLICO.

- La potencia disponible en la turbina es la potencia de entrada y se encuentra a partir de:

$$P_{util} = P_w C_p = \frac{1}{2} C_p \rho_a A V_w^3$$

- La potencia que extrae la turbina eólica, se puede ver de acuerdo a la ecuación:

$$P = T w$$



De acuerdo a la segunda ley de Newton para el movimiento rotacional, se tiene:

$$\sum T = J\dot{\omega}$$

Para el eje de baja velocidad, es decir, para el eje de la turbina se tiene:

$$T_T - B_T \frac{d(\theta_T)}{dt} - k_T \theta_T - T_1 = J_T \frac{d^2 \theta_T}{dt^2}$$

Para el eje de alta velocidad, es decir, para el eje de la carga se tiene:

$$T_2 - B_L \frac{d(\theta_L)}{dt} - k_L \theta_L - T_L = J_L \frac{d^2 \theta_L}{dt^2}$$

El sistema equivalente se obtiene con las relaciones obtenidas y se tiene:

$$\frac{J_T}{N^2} \dot{\omega}_E = \frac{T_T}{N} - B_e \omega_E + B_e \omega_L - k_e \theta_e$$

$$J_L \dot{\omega}_L = B_e \omega_E - B_e \omega_L - k_e \theta_e - T_L$$

Al despejar $\dot{\omega}_E$ y $\dot{\omega}_L$ de las ecuaciones anteriores se tiene:

$$\dot{\omega}_E = - \frac{B_e N^2}{J_T} \omega_{Te} + \frac{B_e N^2}{J_T} \omega_L - \frac{k_e N^2}{J_T} \theta_e + \frac{T_T N}{J_T}$$

$$\dot{\omega}_L = \frac{B_e}{J_L} \omega_{Te} - \frac{B_e}{J_L} \omega_L + \frac{k_e}{J_L} \theta_e + \frac{T_T}{N J_L}$$

y

$$\dot{\theta}_e = \omega_E - \omega_L$$

De manera que la representación en variables de estado del sistema es de la forma:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$
$$y = Cx$$

El modelo dado representa el sistema dinámico del sistema eólico en variables de estado. En el cual al analizar el torque se obtiene el esfuerzo cortante con los parámetros del sistema mecánico

CONTROL MODERNO Y REDES NEURONALES ARTIFICIALES.

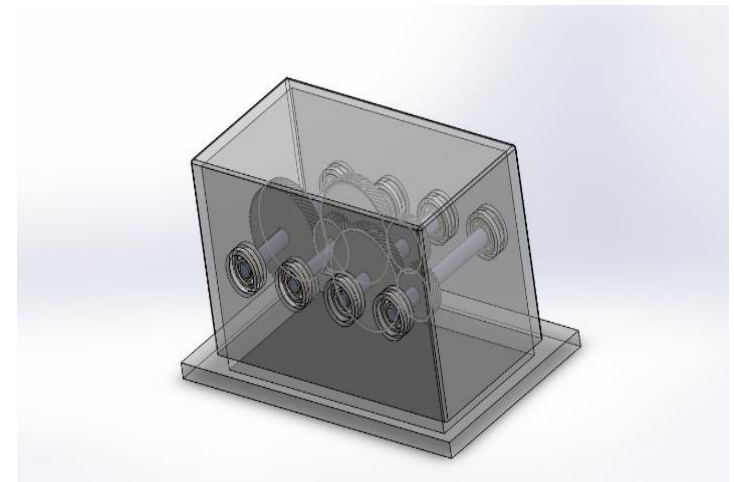
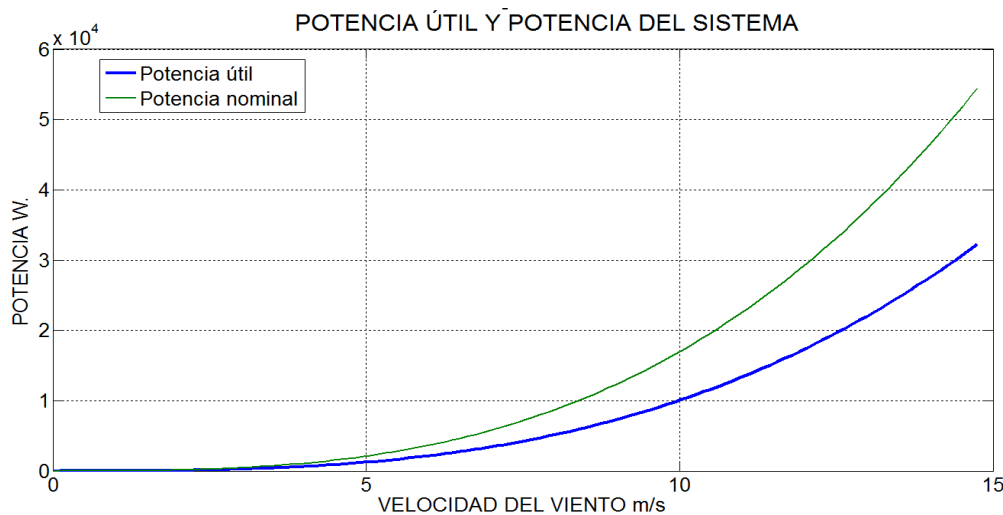
Para los sistemas de generación de energía eólica uno de los problemas característicos es el control del equipo, por lo que es determinante analizar los diferentes modos de operación del sistema eólico a velocidad variable.

VARIABLES DE INICIO DEL SISTEMA MECÁNICO DEL AEROGENERADOR PARA LA SIMULACIÓN.

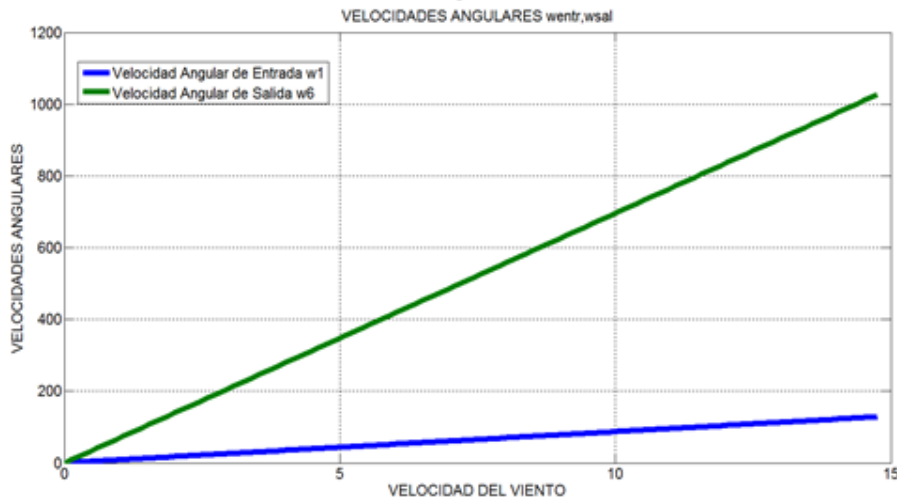
Concepto	Valor	Unidad
Densidad del aire ρ_a	1.2	kg/m ³
Radio del Rotor de la Turbina	3	m.
Radio del eje de Baja Velocidad	0.025	m.
Radio del eje de Alta Velocidad	0.025	m.
Velocidad del viento	0-25	m/s
Constante de rigidez del eje de baja velocidad k_e	150	N.m/rad
Constante de rigidez del eje de alta velocidad k_c	15	N.m/rad
Coefficiente de fricción viscosa del eje de baja velocidad	0.24	N.m.s/rad
Coefficiente de fricción viscosa del eje de alta velocidad	0.055	N.m.s/rad
Relación de engranajes del sistema N	8	

Resultados de Matlab de la simulación del control de acuerdo con las variables de estado

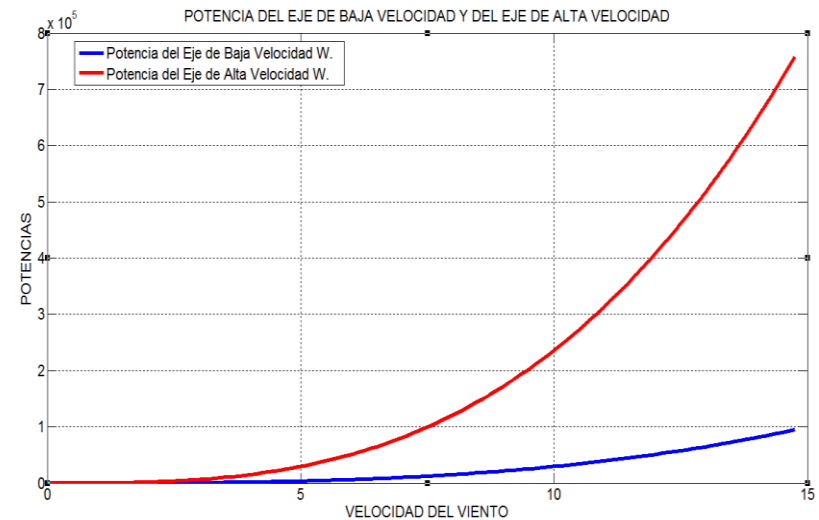
- La potencia que se genera con la velocidad del viento en el intervalo de 5 a 10 m/s. La potencia útil se establece para una potencia de 2 kW a 10 kW, y prototipo del sistema de engranajes.



Sistema Mecánico de Análisis.



Se analiza la velocidad en el tren de engranes y la Potencia que interviene en el funcionamiento del sistema mecánico del aerogenerador.



Método de control de un aerogenerador basado en control moderno por variables de estado (VE).

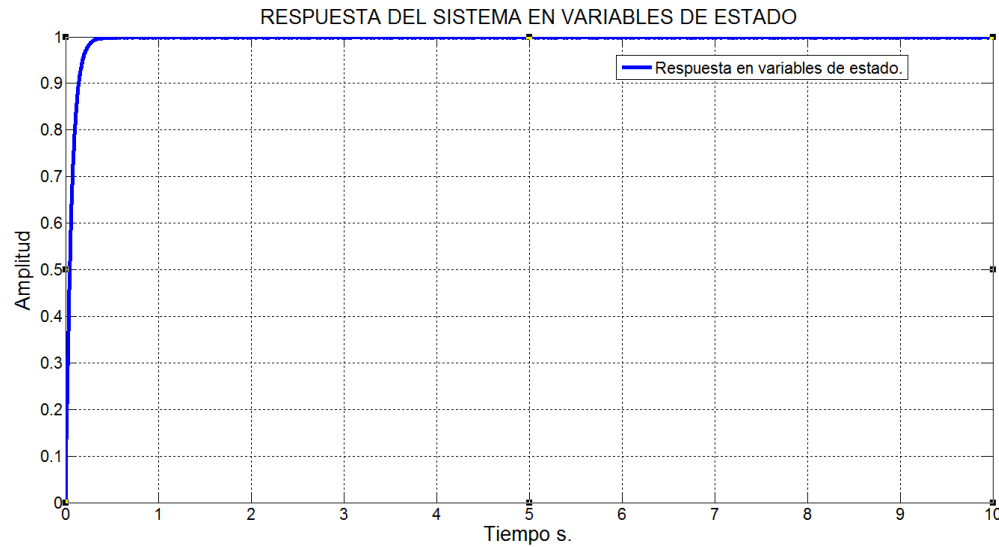
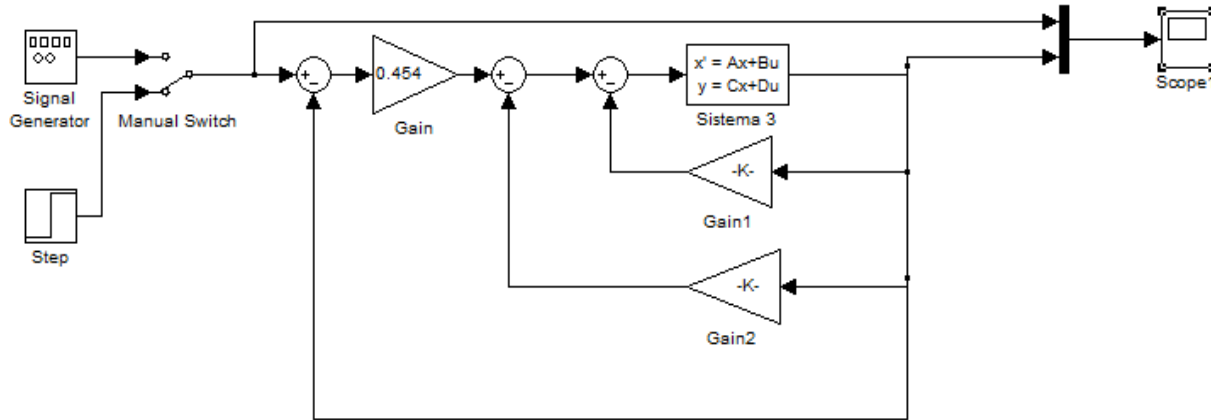
$$A_g = \begin{bmatrix} -(B_e \cdot N^2) / J_e & (B_e \cdot N^2) / J_e & -(k_e \cdot N^2) / J_e \\ B_e / J_c & -B_e / J_c & k_e / J_c \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B_g = \begin{bmatrix} N / J_e \\ 1 / (N \cdot J_c) \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$C_g = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$D_g = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix}$$

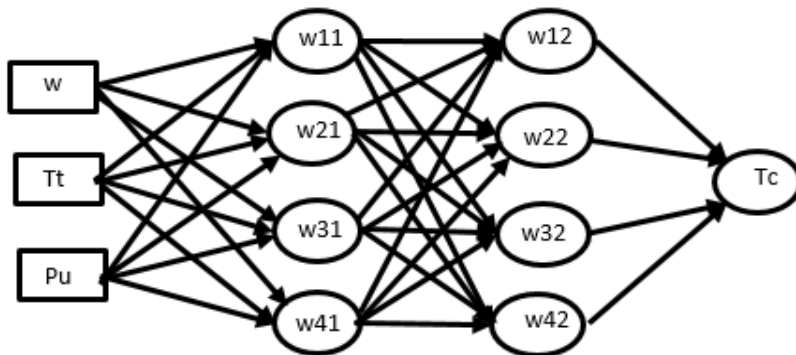
Con la obtención de la matriz en variables de estado obtenemos la función de transferencia del sistema, además de obtener los polos y ceros que tiene el sistema mecánico, se obtienen las ganancias para estabilizar el sistema y obtener su control.



Método de control de un aerogenerador basado en Redes Neuronales Artificiales (RNA).

En la red neuronal se consideran valores para aplicar la simulación del programa, obteniendo la respuesta del sistema eólico. Se definen 3 parámetros de entrada que son: el torque, la velocidad angular y la potencia útil. Para obtener el control a torque constante, se tendrá en el eje de alta velocidad el valor de funcionamiento, con el torque de salida.

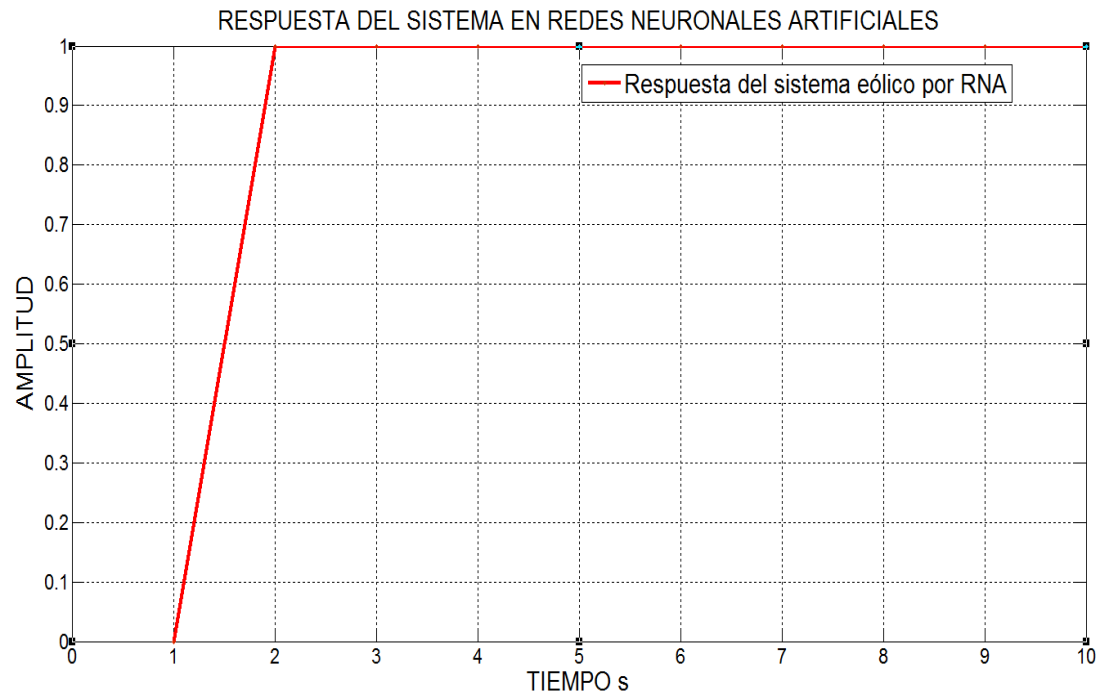
RED NEURONAL DEL SISTEMA EOLICO



Las redes neuronales es una forma de evolución de control, la red neuronal multicapa y el método de aprendizaje, como el aprendizaje Backpropagation.

La red neuronal multicapa que se analizó es una red neuronal de 3 entradas, capas 4, 4, 1 y la salida determina el torque que se mantiene en los valores establecidos para su control.

```
P=[Tt;w;Pu];
net=newff([0 72;0 900;0 5000],[4,4,1],
{'tansig','logsig','purelin'},'traingdm');
```



Conclusiones.

El analizar el sistema mecánico permite establecer los parámetros y las variables a controlar, siendo de suma importancia los elementos de diseño y la ingeniería para conocer todas las características que hacen funcionar, mover y estructurar al aerogenerador. Además de los mecanismos y la estructura, se debe analizar el comportamiento del equipo para que no ocurran fallas mecánicas que se contemplan en el proyecto y las alternativas de solución.

Se establecen las técnicas de control comparando las respuestas en los diferentes casos para determinar cuál de estos sistemas de control darán un mejor funcionamiento al sistema eólico y su estabilidad. Estableciendo que no existan cambios en la aceleración del sistema y en la velocidad angular, dando como resultado el controlar el torque y la potencia.

Conclusiones.

Con la realización de programas y de la simulación obtenemos el comportamiento del sistema eólico y la respuesta de control en Variables de Estado, estableciendo una primera solución de la respuesta deseada del sistema con todos los parámetros a considerar, logrando los argumentos para el correcto funcionamiento del aerogenerador mostrado en el proyecto.

Con el desarrollo de programas y simulación de la red neuronal artificial a través de MATLAB obtenemos como los datos de entrenamiento y los datos de activación establecen el modelo neuronal, la forma de aprendizaje y la arquitectura que darán como salida el control del sistema eólico que presenta un mejor resultado de control. El proyecto establece, desarrolla y muestra la importancia del diseño, la simulación y el control dentro de la ingeniería para los sistemas eólicos, por lo que los resultados obtenidos demuestran la estabilidad, el funcionamiento y la operación del aerogenerador.



ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)