



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

Title: Emulador de turbina eólica basado en el control vectorial de una máquina eléctrica

Author: Oscar Hernández-Martínez

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2016-01
BCIERMIMI Classification(2016): 191016-0101

Pages: 33

Mail: ohernandez@cenidet.edu.mx
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			



Introducción

Planteamiento del Problema



3

Introducción

Planteamiento del Problema



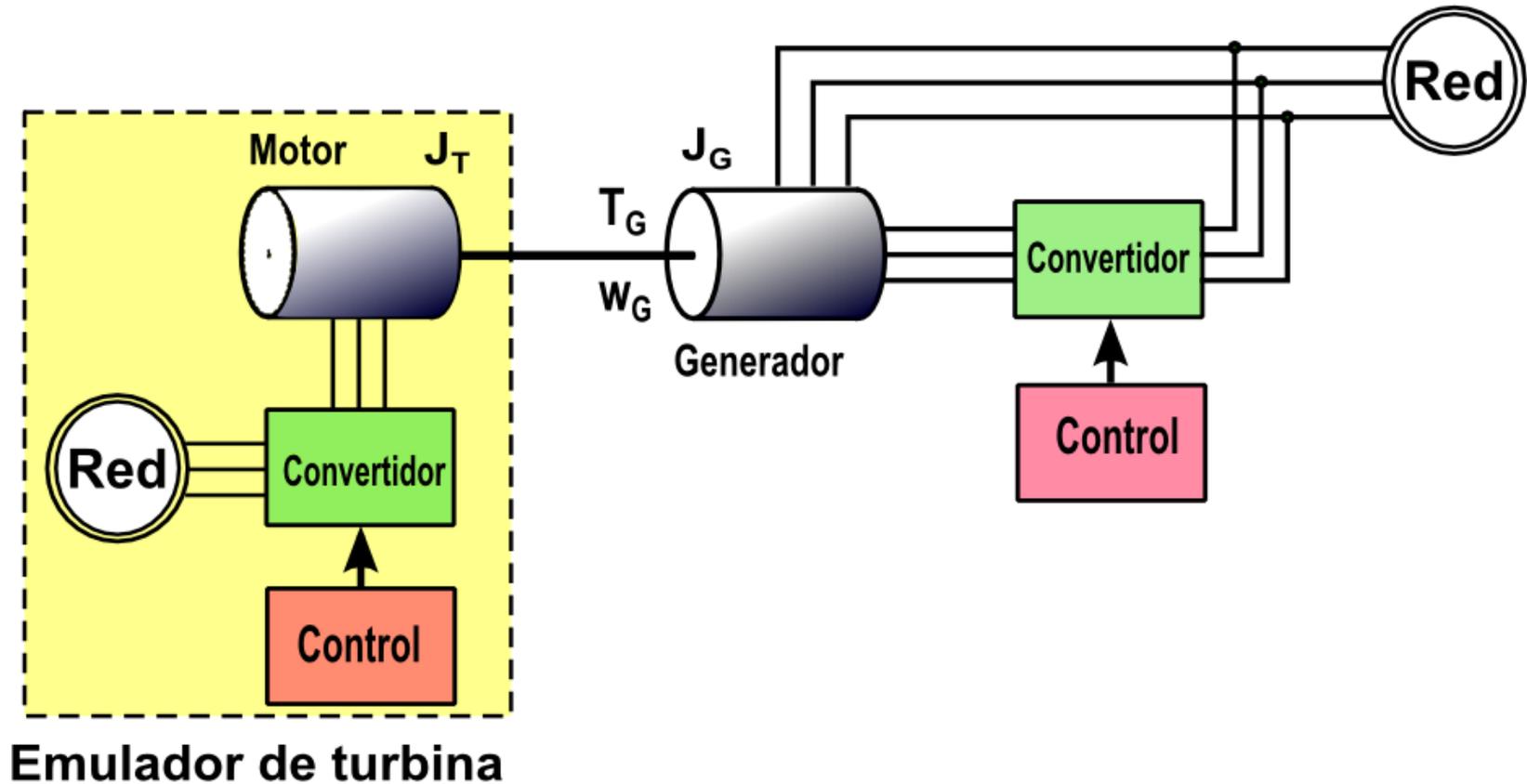
Introducción

Propuesta de Solución

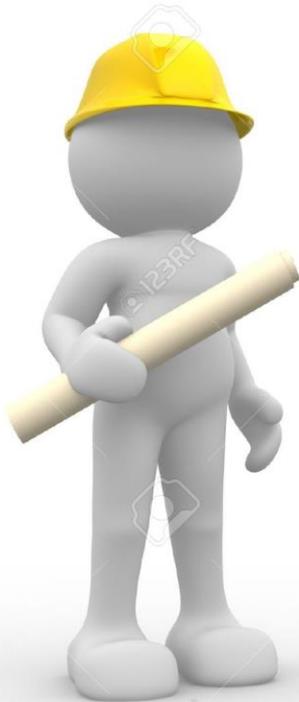


5

Introducción Propuesta de Solución



Modelado y Dimensionamiento de la Turbina

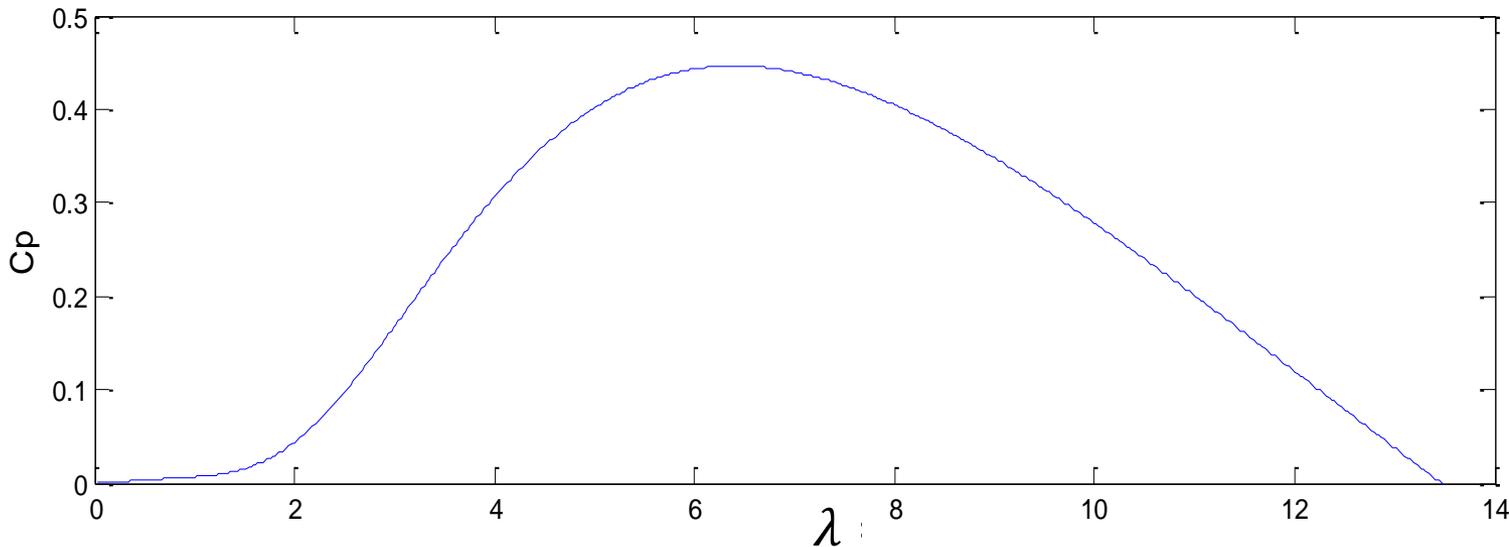


- Modelo Estático
- Modelo Dinámico

Modelo Estático.

$$P_T = C_P P_V = C_P \frac{\rho \pi r^2 V_v^3}{2} = \omega_T T_T$$

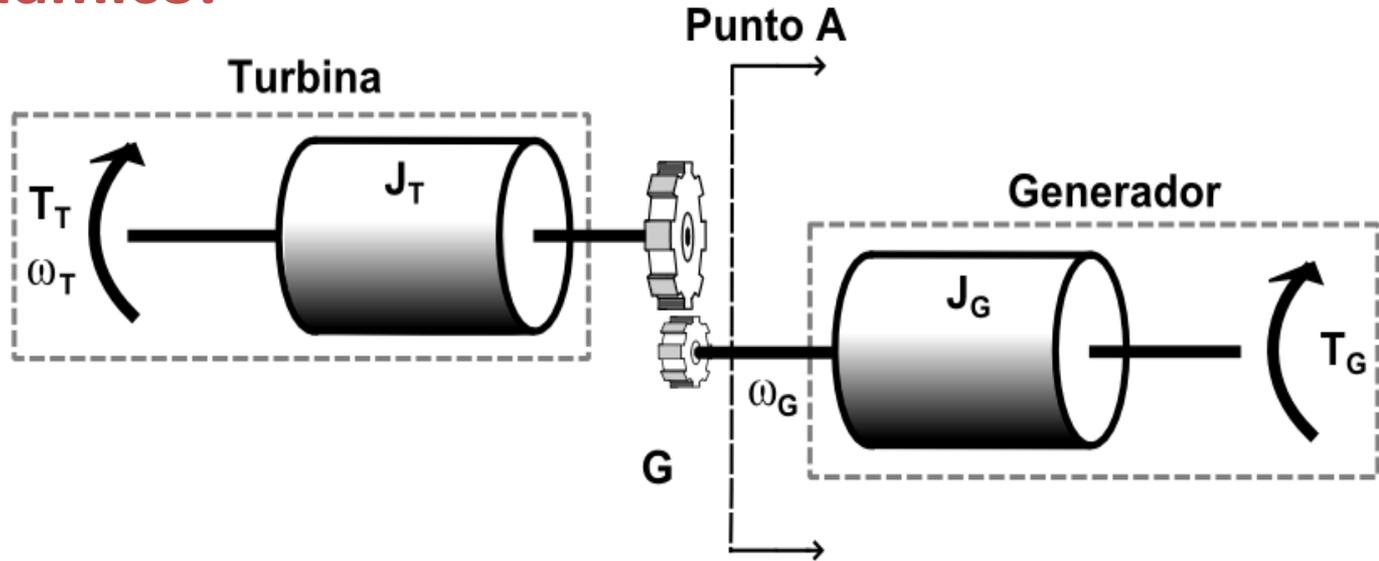
$$C_P = 0.22 \left[1110 \left(\frac{1}{\lambda + 0.08\beta} - \frac{0.035}{\beta^3 + 1} \right) - 0.4\beta - 5 \right] e^{\left[-12.5 \left(\frac{1}{\lambda + 0.08\beta} - \frac{0.035}{\beta^3 + 1} \right) \right]} + 0.0068\lambda$$



$$\lambda = \frac{r \omega_T}{V_v}$$

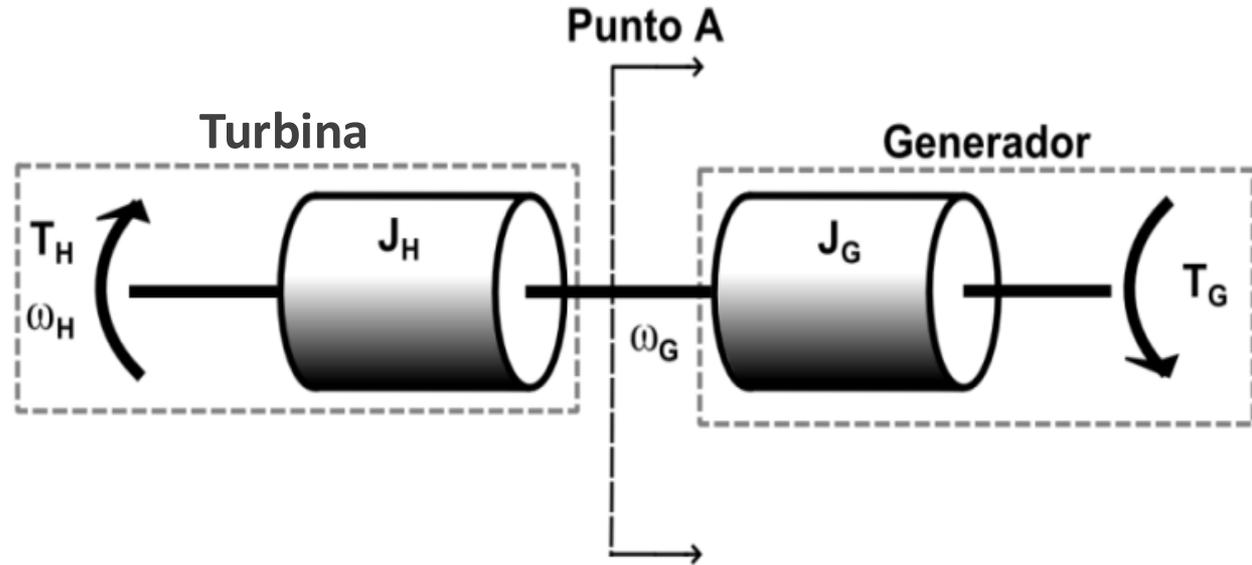
8

Modelo Dinámico.



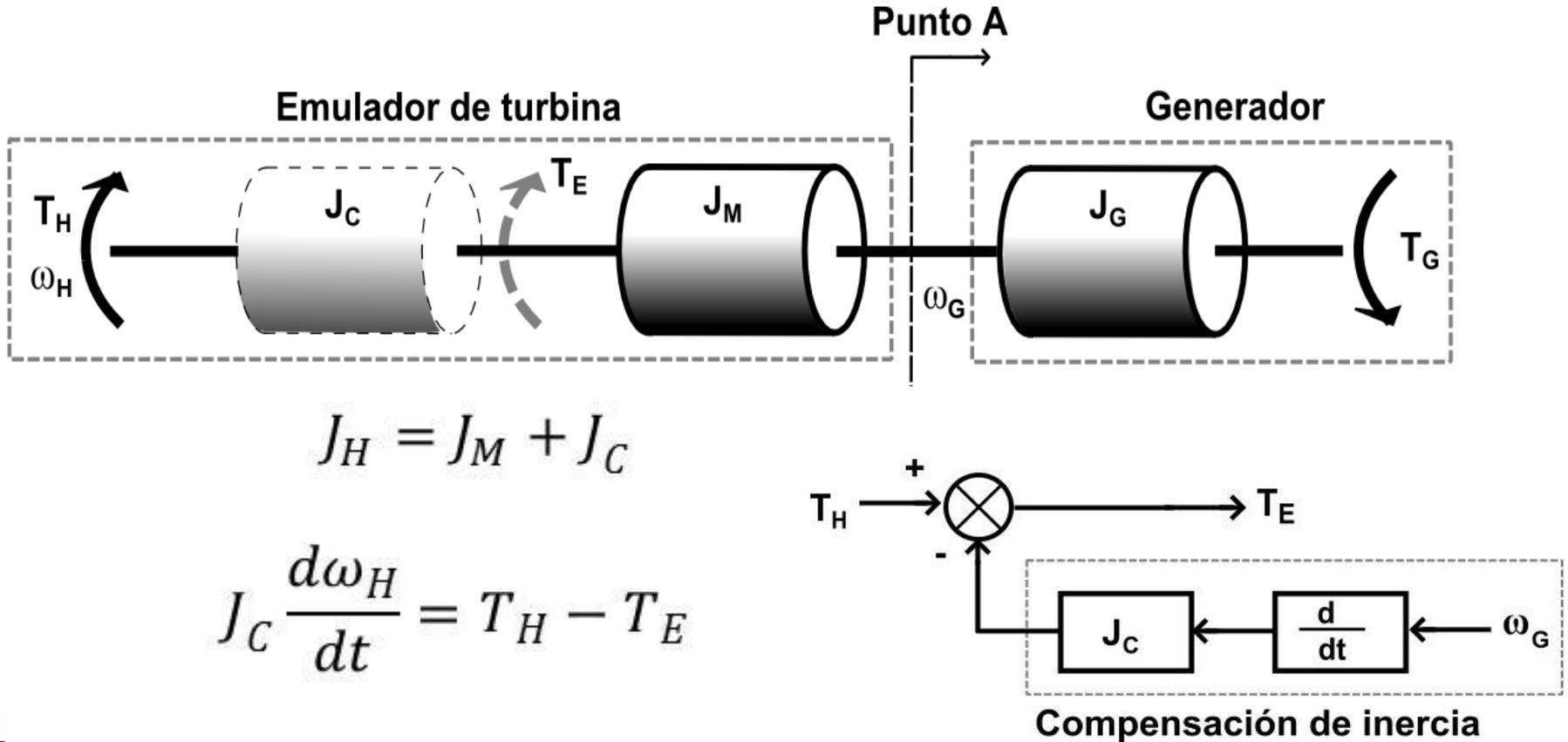
$$\omega_H = G\omega_T \quad , \quad T_H = \frac{T_T}{G} \quad , \quad J_H = \frac{J_T}{G^2}$$

Modelo Dinámico.



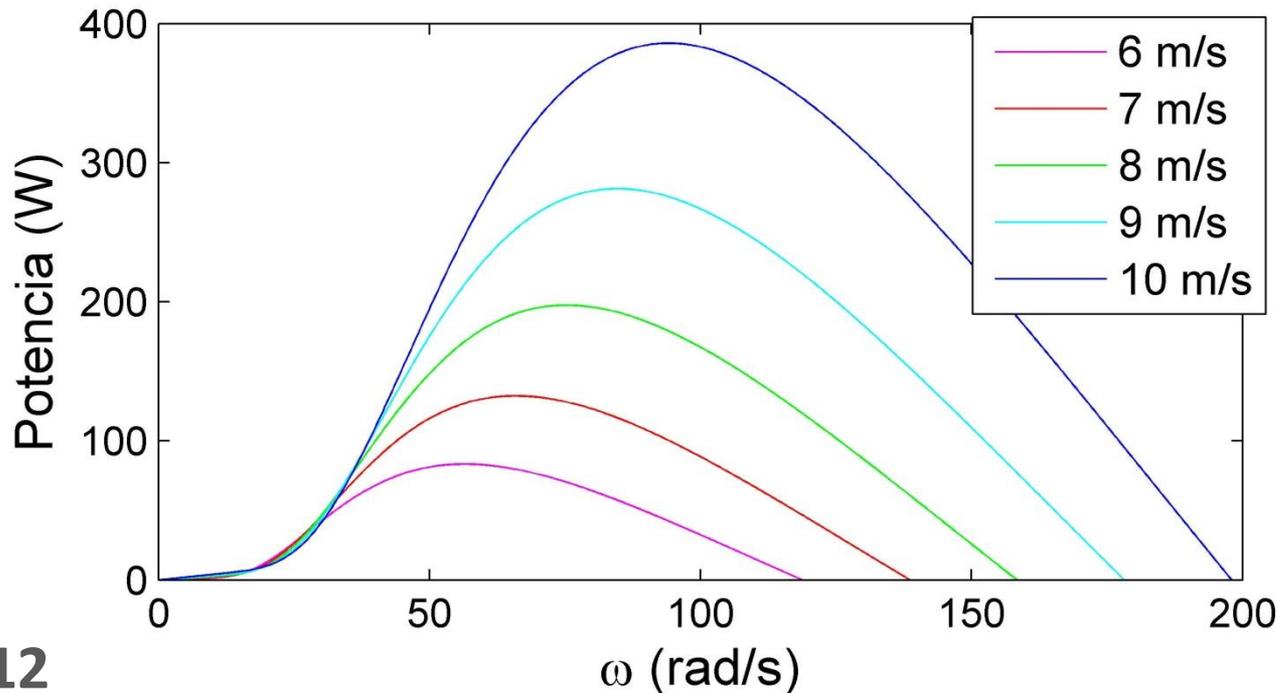
$$\omega_H = G\omega_T \quad , \quad T_H = \frac{T_T}{G} \quad , \quad J_H = \frac{J_T}{G^2}$$

Modelo Dinámico.



Curvas de Potencia–Velocidad Angular.

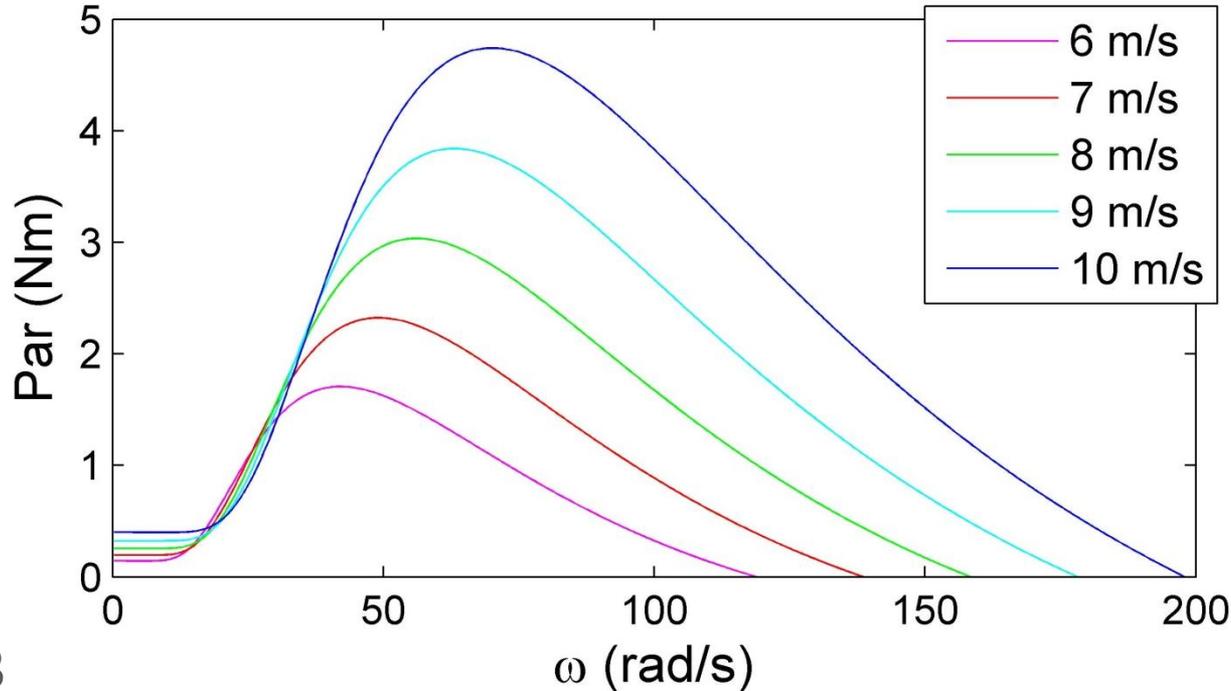
Potencia del generador: $\frac{1}{2}$ HP = 373 W



$$r = 0.68$$
$$J_T = 0.1 \text{ Kg m}^2$$
$$V_v = 6 - 10 \text{ m/s}$$

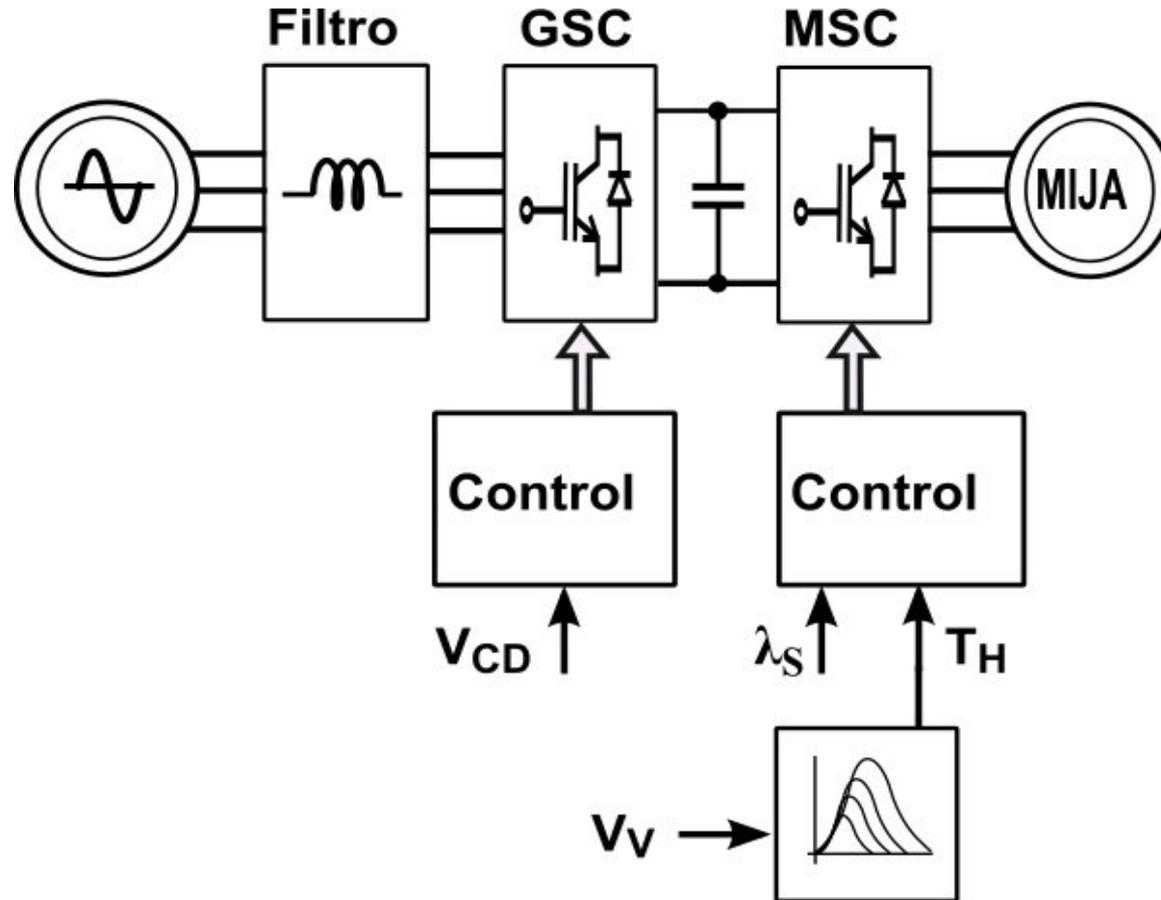
Curvas de Par–Velocidad Angular.

Potencia del generador: $\frac{1}{2}$ HP = 373 W

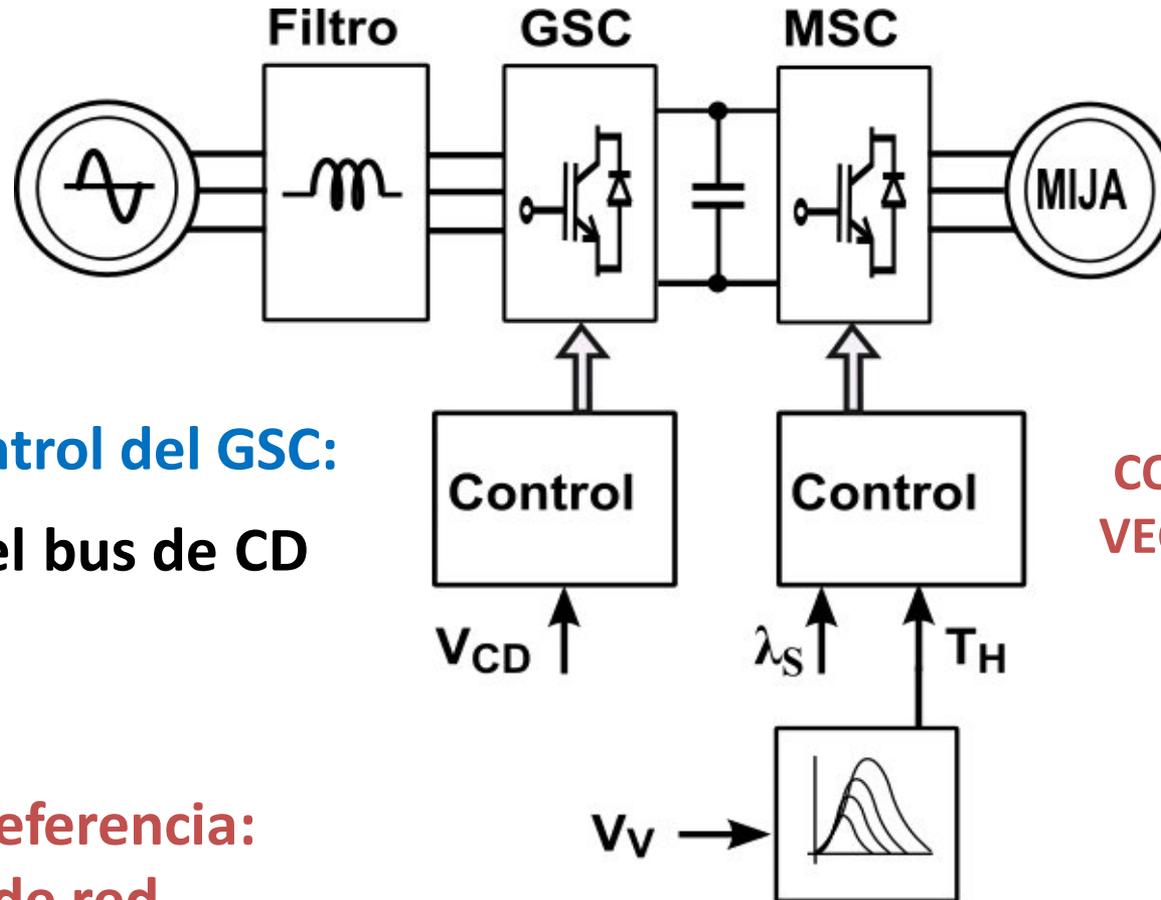


$$r = 0.68$$
$$J_T = 0.1 \text{ Kg m}^2$$
$$V_v = 6 - 10 \text{ m/s}$$

Esquema del Emulador de Turbina



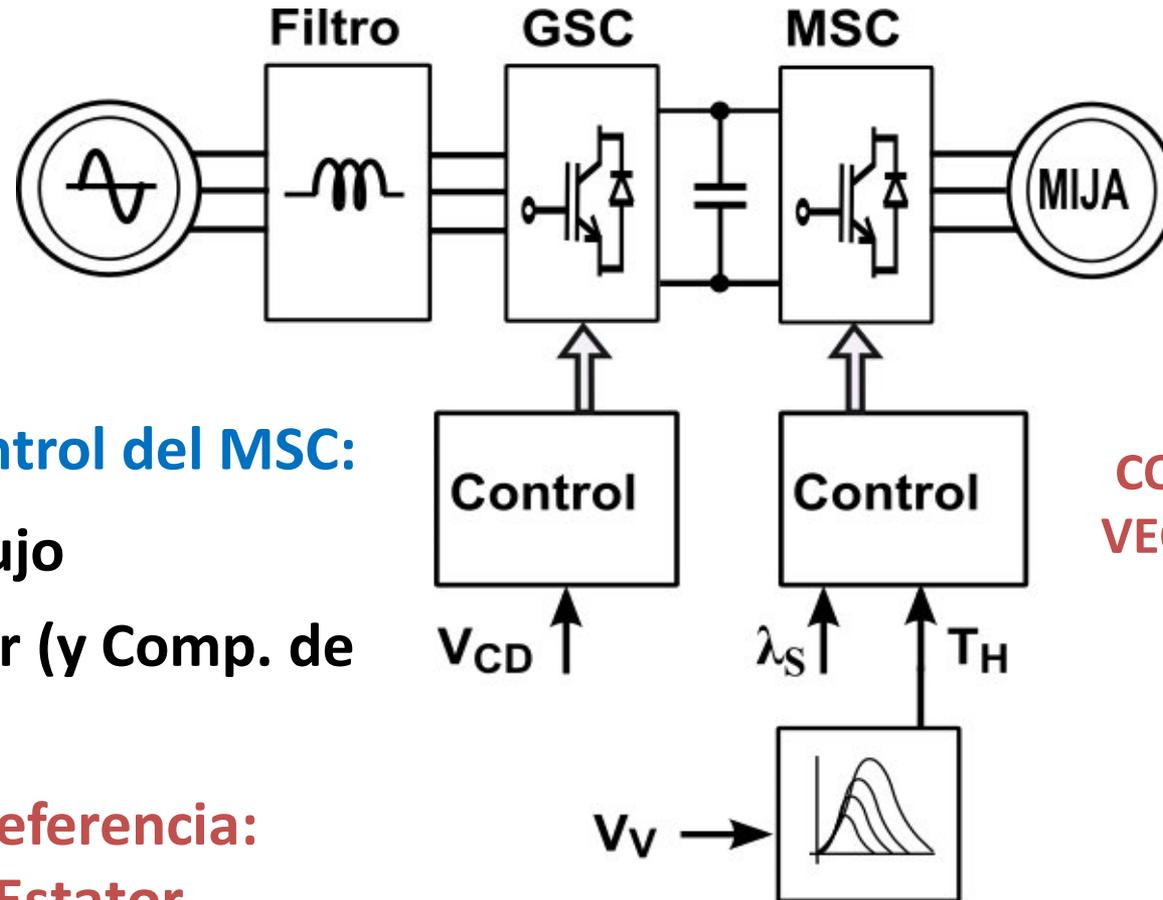
Esquema del Emulador de Turbina



Objetivo de Control del GSC:

- Regulación del bus de CD
- Control de Q

Marco de Referencia:
Voltaje de red



Objetivo de Control del MSC:

- Control de Flujo
- Control de Par (y Comp. de Inercia)

**Marco de Referencia:
 Flujo de Estator**

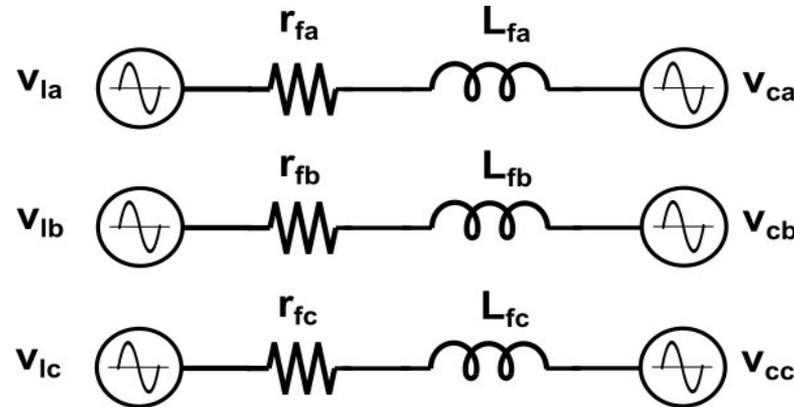
**CONTROL
 VECTORIAL**

Diseño del Sistema de Control



- Control del GSC
- Control del MSC

Modelo Subsistema: Red-Filtro-GSC



$$v_{cd} = -r_f i_{ld} - L_f \frac{di_{ld}}{dt} - \omega_l L_f i_{lq} + v_{ld}$$

$$v_{cq} = -r_f i_{lq} - L_f \frac{di_{lq}}{dt} + \omega_l L_f i_{ld}$$

Diseño del Sistema de Control: Control del GSC

Lazo Interno para Control del GSC:

$$v_{cd} = -v_{cd1} + Com_{ld}$$

$$v_{cq} = -v_{cq1} + Com_{lq}$$

Donde:

$$v_{cd1} = r_f i_{ld} + L_f \frac{di_{ld}}{dt}$$

$$v_{cq1} = r_f i_{lq} + L_f \frac{di_{lq}}{dt}$$

Plantas para
diseño de PIs

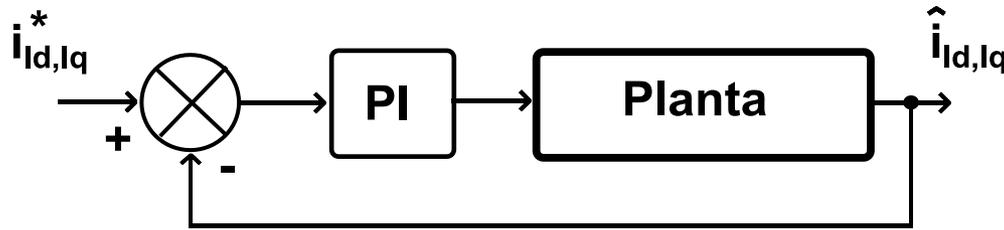
$$Com_{ld} = v_{ld}$$

$$Com_{lq} = \omega_l L_f i_{ld}$$

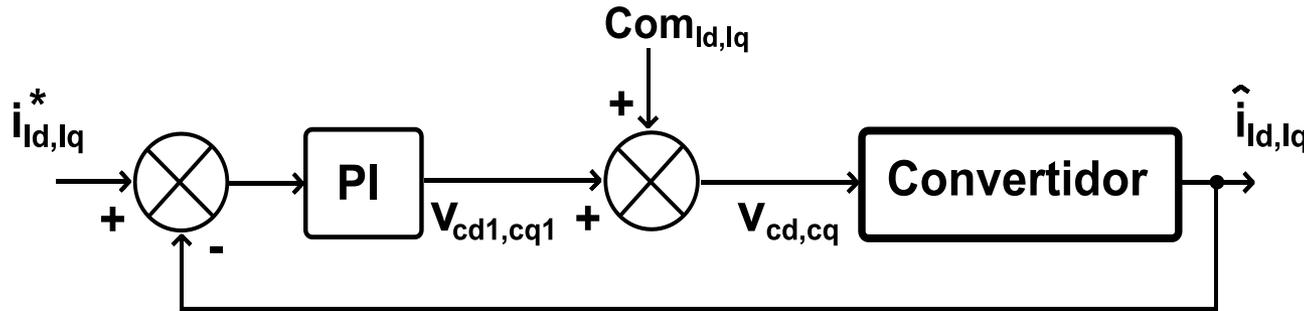
Términos de
Compensación

Diseño del Sistema de Control: Control del GSC

Lazo Interno para Control del GSC:



Esquema para
 Sintonización



Lazo Interno
 de Control

Lazo Externo para Control del GSC:

$$i_{ld} = \frac{2v_{BUS}}{3v_{cd}} i_c + \frac{v_{sd} i_{sd} + v_{sq} i_{sq}}{v_{cd}}$$

$$i_{ld} = i_{ld1} + Com_c$$

Subsistema:
 Bus de CD

Donde:

$$i_{ld1} = \frac{2v_{BUS}}{3v_{cd}} i_c = C \frac{4\sqrt{2}}{3m_1} \frac{dv_{BUS}}{dt}$$

Planta para
 diseño de PI

$$Com_c = \frac{v_{sd} i_{sd} + v_{sq} i_{sq}}{v_{cd}}$$

Término de
 Compensación

Modelo de la MIJA:

Ecs. de Voltaje

$$v_{sd} = r_s i_{sd} - \omega \lambda_{sq} + \lambda'_{sd}$$

$$v_{sq} = r_s i_{sq} + \omega \lambda_{sd} + \lambda'_{sq}$$

$$v_{rd} = r_r i_{rd} - (\omega - \omega_r) \lambda_{rq} + \lambda'_{rd}$$

$$v_{rq} = r_r i_{rq} + (\omega - \omega_r) \lambda_{rd} + \lambda'_{rq}$$

Ec. de Par

$$T_E = \frac{3P}{4} (\lambda_{sd} i_{sq} - \lambda_{sq} i_{sd})$$

Ecs. de Flujo

$$\lambda_{sd} = \left(L_{ls} + \frac{3}{2} L_{ms} \right) i_{sd} + \frac{3}{2} L_{ms} i_{rd}$$

$$\lambda_{sq} = \left(L_{ls} + \frac{3}{2} L_{ms} \right) i_{sq} + \frac{3}{2} L_{ms} i_{rq}$$

$$\lambda_{rd} = \left(L_{lr} + \frac{3}{2} L_{mr} \right) i_{rd} + \frac{3}{2} L_{mr} i_{sd}$$

$$\lambda_{rq} = \left(L_{lr} + \frac{3}{2} L_{mr} \right) i_{rq} + \frac{3}{2} L_{mr} i_{sq}$$

Lazo Interno para Control del MSC:

$$v_{sd} = r_s i_{sd} + \lambda'_{sd} = v_{sd1} + Com_{Fid}$$

$$v_{sq} = r_s i_{sq} + \omega \lambda_{sd} = v_{sq1} + Com_{Fiq}$$

Donde:

$$v_{sd1} = r_s i_{sd} \quad \text{Plantas para}$$
$$v_{sq1} = r_s i_{sq} \quad \text{diseño de PIs}$$

$$Com_{Fid} = \lambda'_{sd} \quad \text{Términos de}$$
$$Com_{Fiq} = \omega \lambda_{sd} \quad \text{Compensación}$$

Lazo Externo para Control del MSC – Control de Flujo:

$$i_{sd} + \sigma \frac{L_R}{r_r} i'_{sd} = \frac{1}{L_S} \lambda_{sd} + \frac{L_R}{r_r L_S} \lambda'_{sd} + com_1 \quad , \quad com_1 = \sigma \frac{L_R}{r_r} \omega_{sl} i_{sq}$$

$$I_{sd}(s) = I_{sd1}(s) + Com_{FE}(s)$$

Donde:

Planta para diseño de PI

$$I_{sd1}(s) = \frac{\left(\frac{L_R}{r_r L_S} s + \frac{1}{L_S} \right)}{\left(\sigma \frac{L_R}{r_r} s + 1 \right)} \Lambda_{sd}(s)$$

Término de Compensación

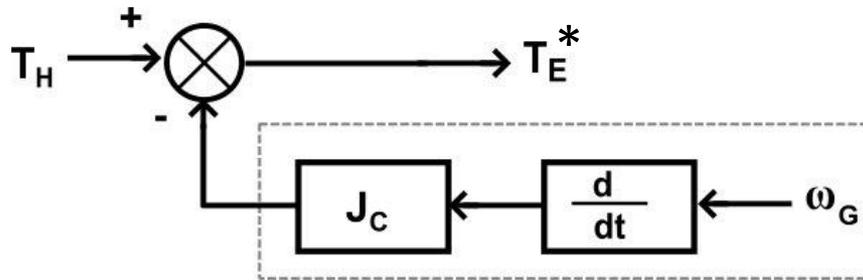
$$Com_{FE}(s) = \frac{1}{\left(\sigma \frac{L_R}{r_r} s + 1 \right)} Com_1(s)$$

Lazo Externo para Control del MSC – Control de Par:

Sólo se define una Referencia de Par Electromagnético

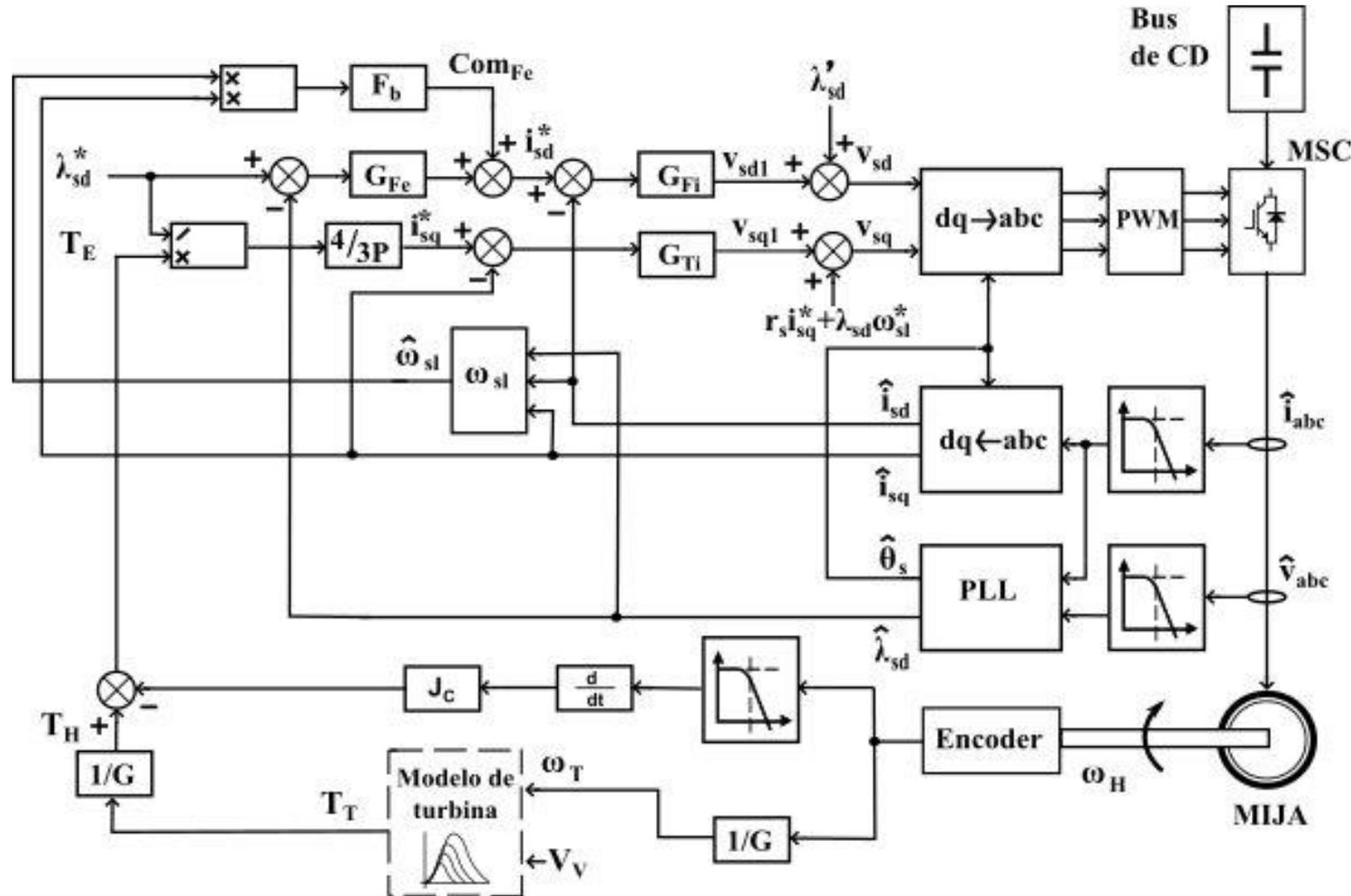
$$i_{sq}^* = \frac{4}{3P\lambda_{sd}} T_E^* = K_1 T_E^*$$

Donde:



Compensación
de Inercia

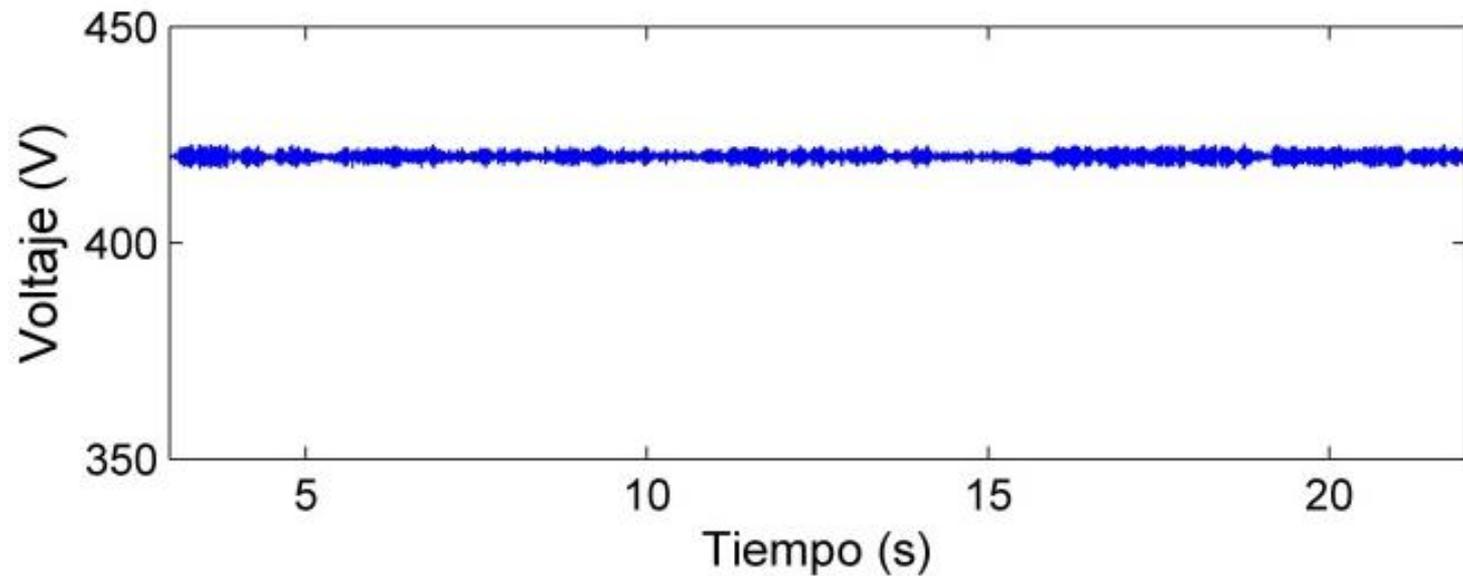
Diseño del Sistema de Control: Esquema del Control del MSC



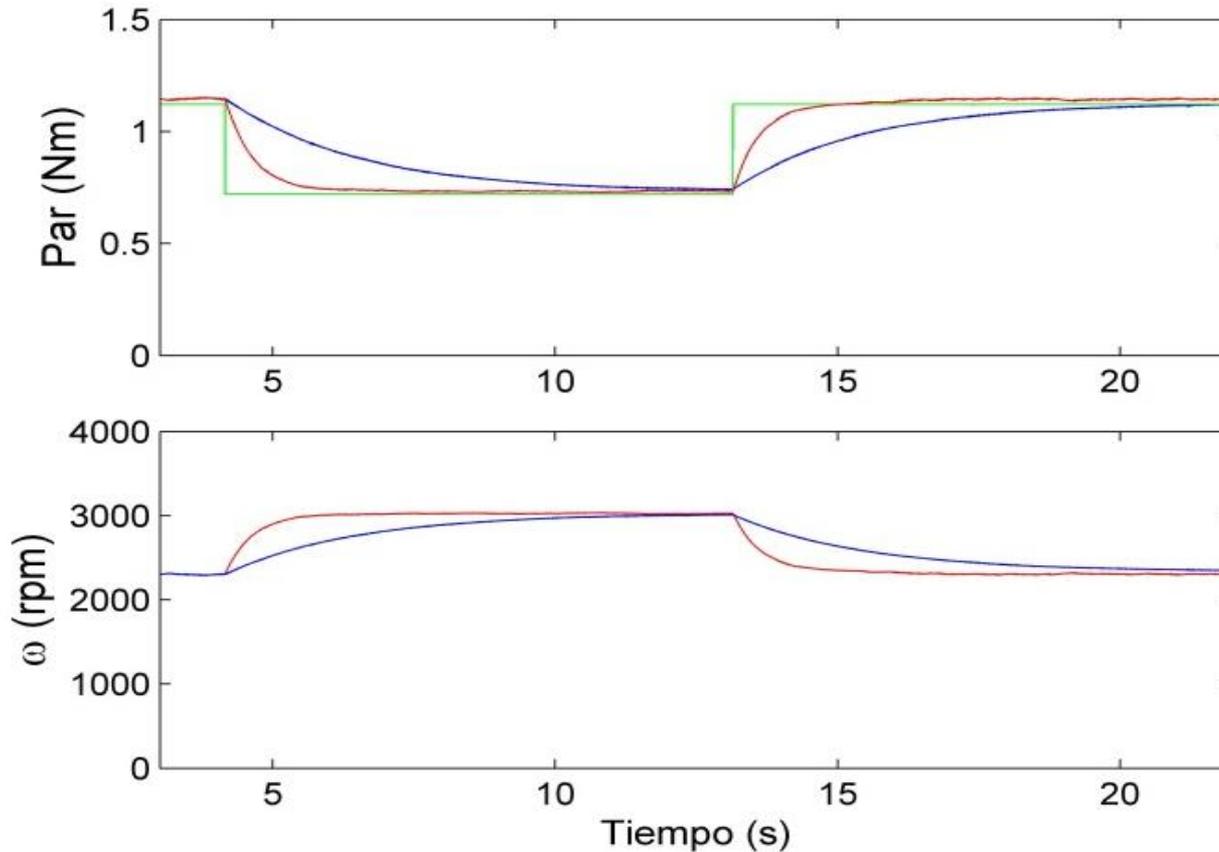


- Regulación del Bus de CD
- Control de Par – Respuesta Transitoria
- Control de Par – Estado Estacionario

Regulación del bus de CD:

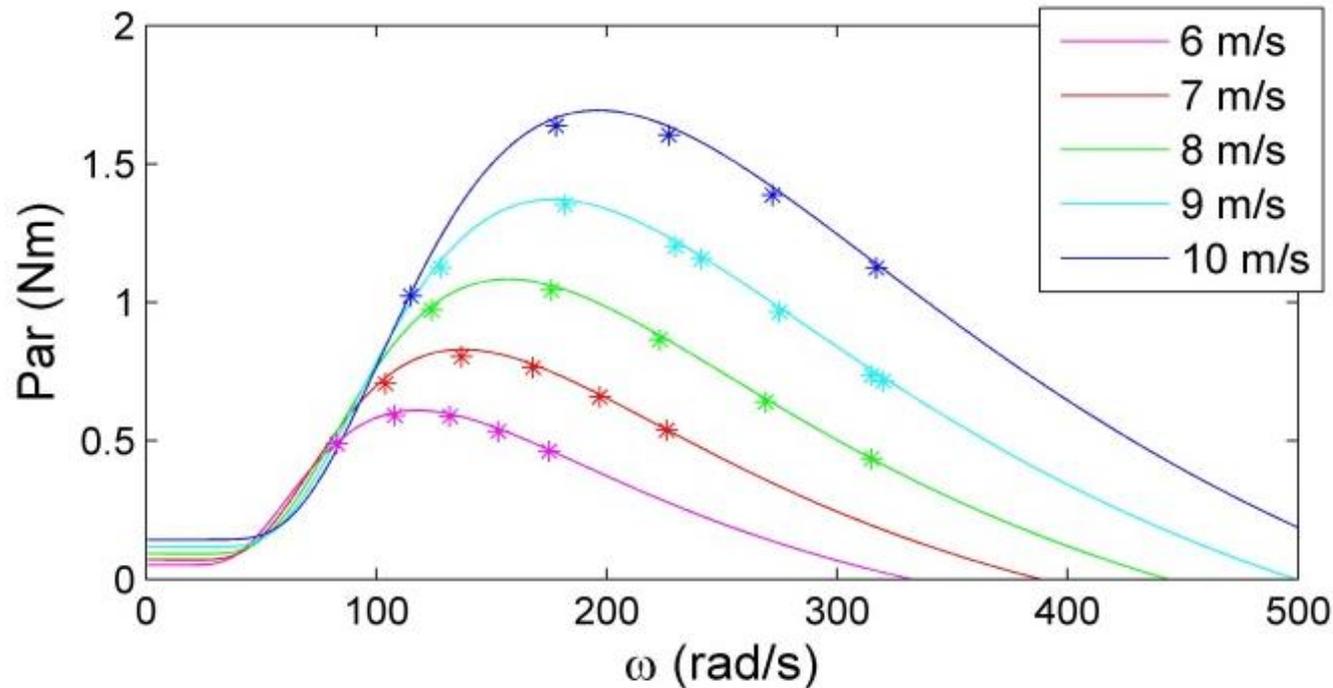


Control de Par – Respuesta Transitoria:



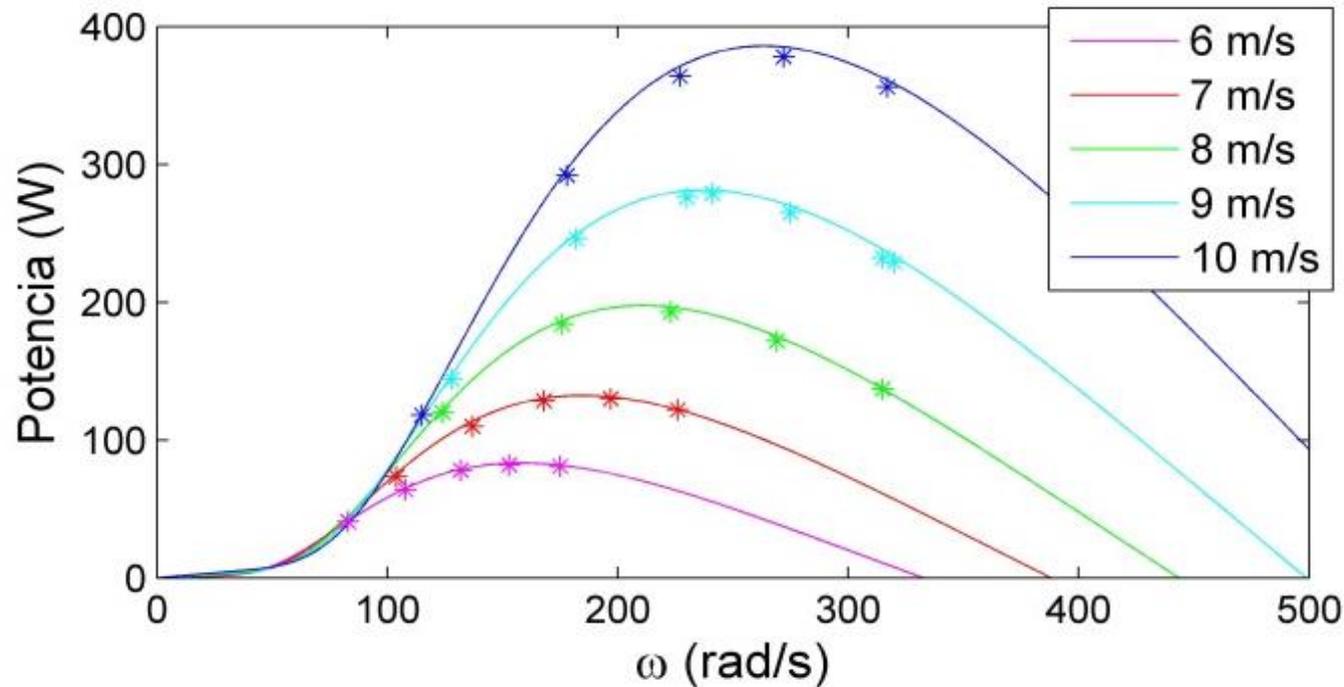
- Con Compensación de Inercia
- Sin Compensación de Inercia

Control de Par – Estado Estacionario:



Par visto desde el emulador

Control de Potencia – Estado Estacionario:



Potencia vista desde el emulador

- El emulador está basado en una MIJA y un Convertidor B2B, controlado mediante Control Vectorial.
- El modelo de referencia de la turbina, describe el comportamiento estacionario y dinámico.
- El emulador cuenta con sistema de compensación de inercia.

- La MIJA es “forzada”, mediante el control de par, a que se comporte como una turbina eólica.
- El control de par se hace a través del MSC.
- Las pruebas de simulación muestran una adecuada emulación dinámica y de estado estacionario de la turbina.
- El control del GSC logra la regulación del bus de CD.



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)