Control multiobjetivo de turbinas eólicas marinas: eficiencia energética y reducción de cargas estructurales

Dr. Manuel Lara Ortiz

MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES
UNIÓN EUROPEA
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL
"Una manera de hacer Europa"
AGENCIA ESTATAL DE INVESTIGACIÓN

PID2023-149181OB-I00

Postgrado
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid

20 noviembre 2026

MOOFFWIND

Índice

- Introducción: motivación, antecedentes
- Metodología
- Resultados. Trabajos actuales.
- Trabajos futuros

Introducción

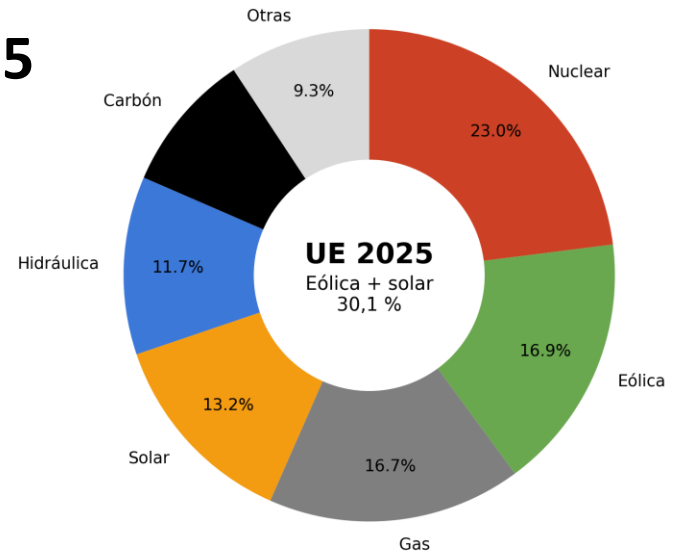
Introducción

- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.
  - ENERGÍA EÓLICA (1ª renovable más importante de Europa)
    - Compromiso de la UE para aumentar la capacidad de energía eólica
    - Capacidad de la UE en 2025: → 246 GW
  - Plan de Acción Europeo sobre Energía Eólica 2023

    Objetivo→ 500 GW para 2030

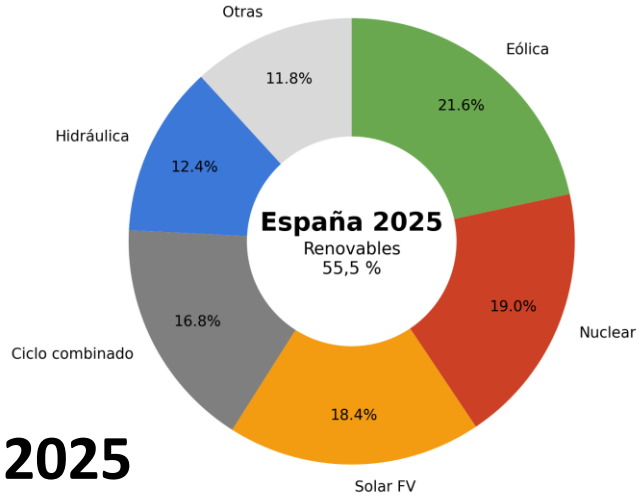
Estructura de generación eléctrica de la UE en 2025

EU 2025



Fuente: Ember, European Electricity Review 2026. Valores redondeados.

Estructura de generación eléctrica de España en 2025



España 2025

Fuente: Red Eléctrica, Informe del Sistema Eléctrico 2025. Desde hidráulica en adelante, el resto se agrupa como 'Otras'.

Introducción

- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.

Apagón Nacional → Abril 2025



Introducción

- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.
- Aerogeneradores VS-VP de eje horizontal y 3 palas



Introducción

- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.
- Onshore → Offshore



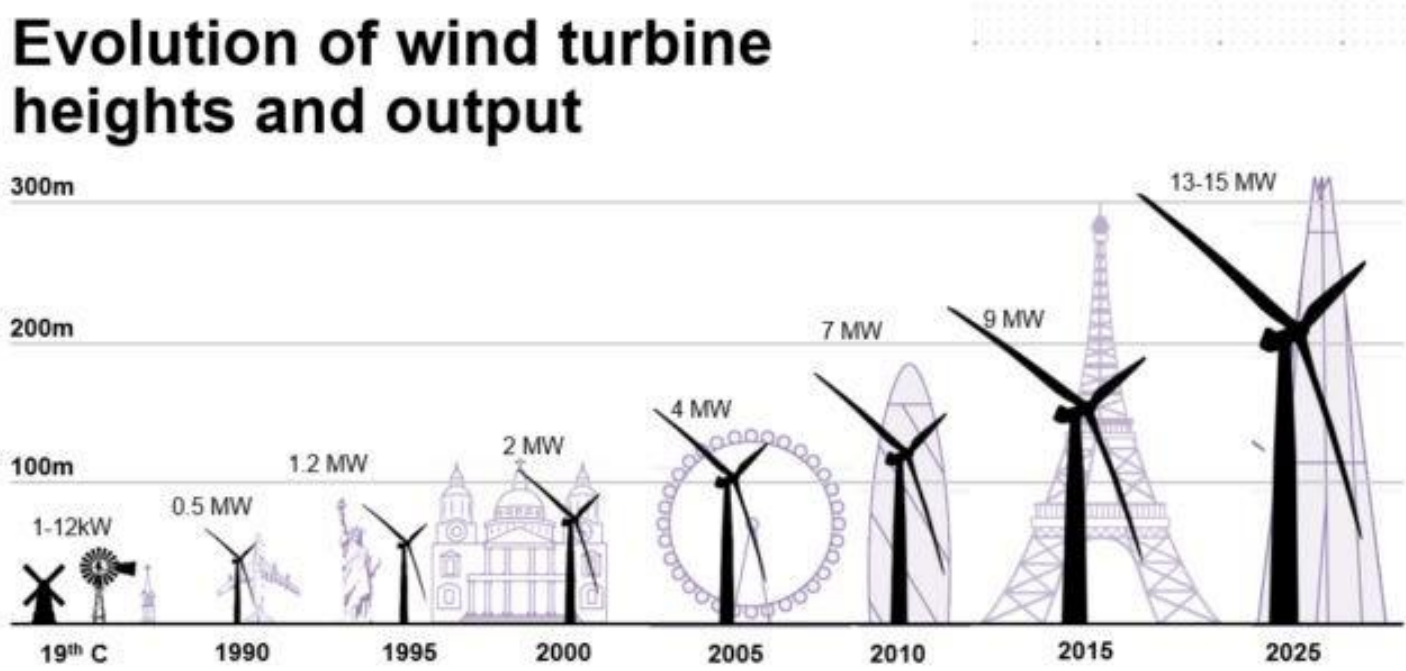
Introducción

- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.
- Evolución (Tecnología, Tamaño↑, Altura↑, Peso↓)



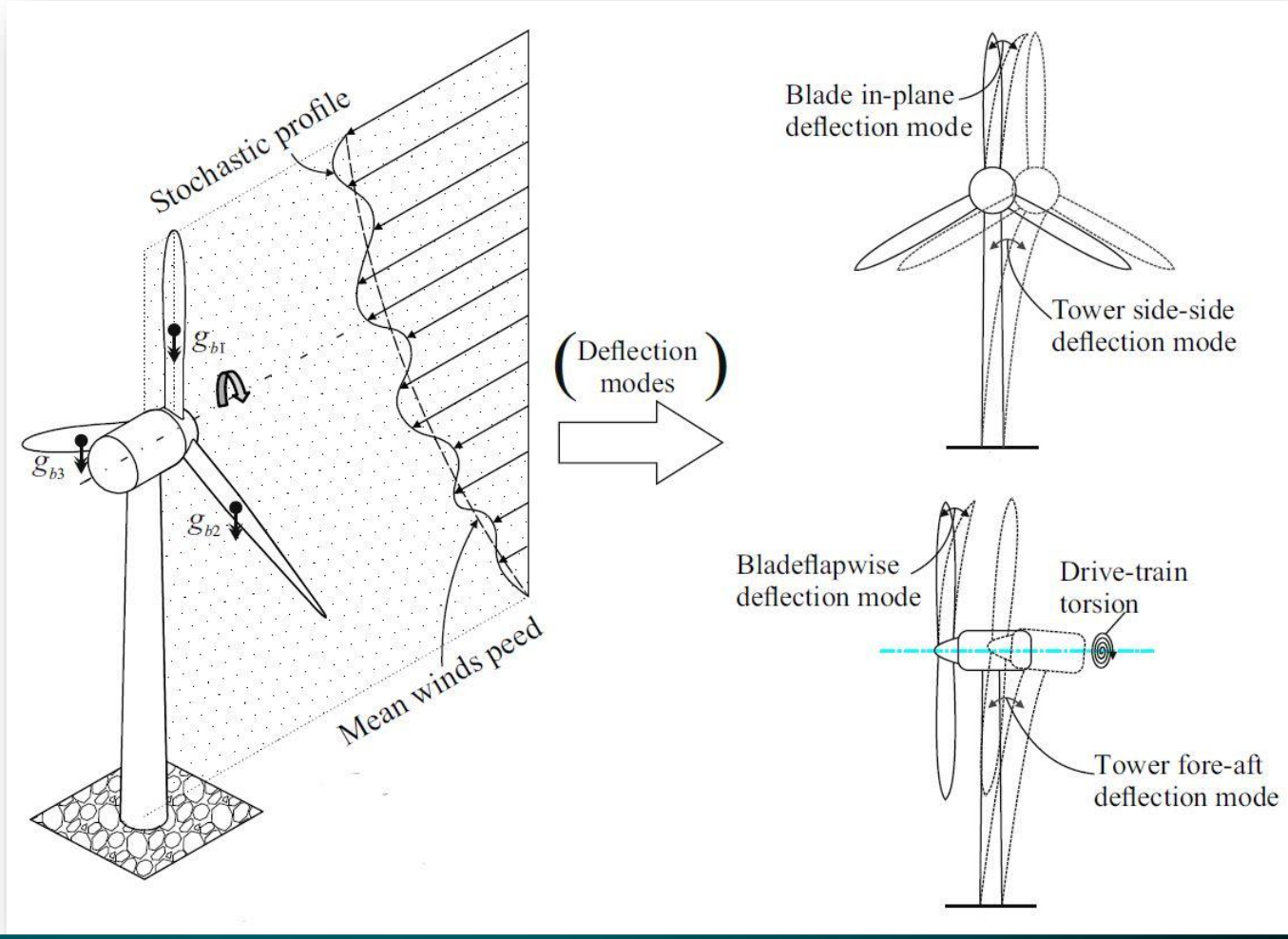
Evolución →
- **→ Tamaño ↑ ↑**
- **→ Altura ↑ ↑**
- **→ Peso ↓↓**

→ Cargas ↑ ↑



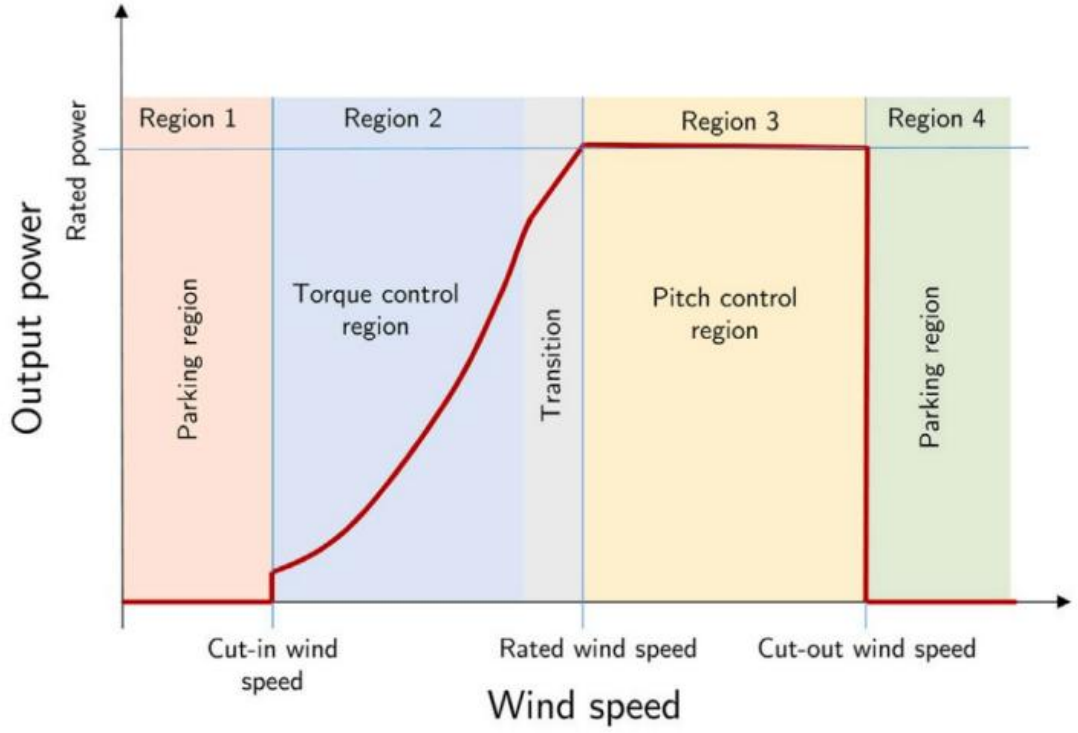
Introducción

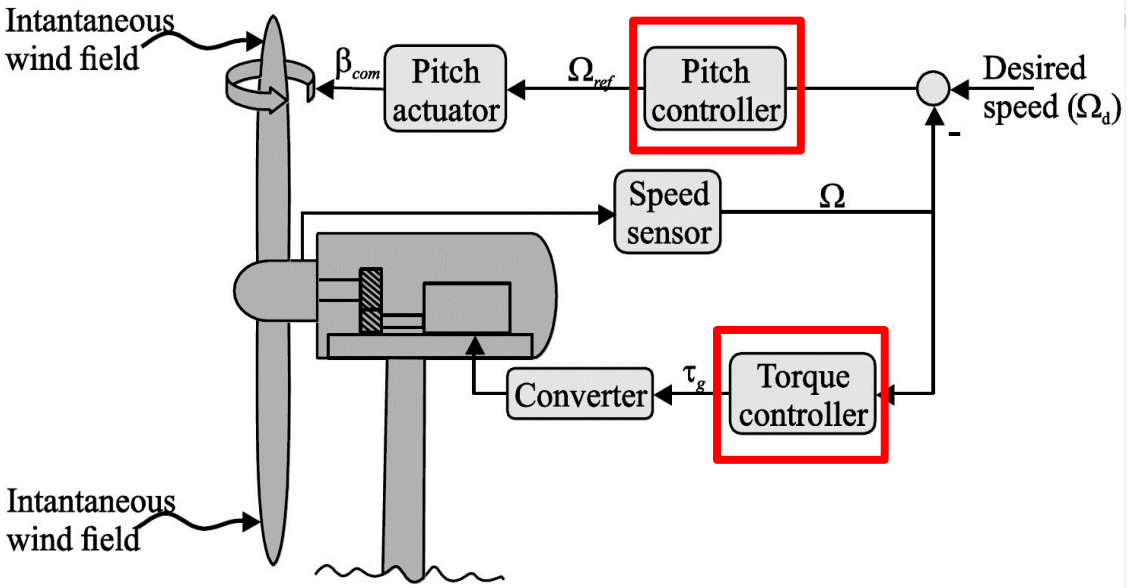
- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.
- Cargas mecánicas (torre, palas, eje)
  - Oscilaciones de la torre (fore-aft y side-to-side)
  - Oscilaciones de las palas (flap-wise y edge-wise)
  - Torsión del eje



Introducción

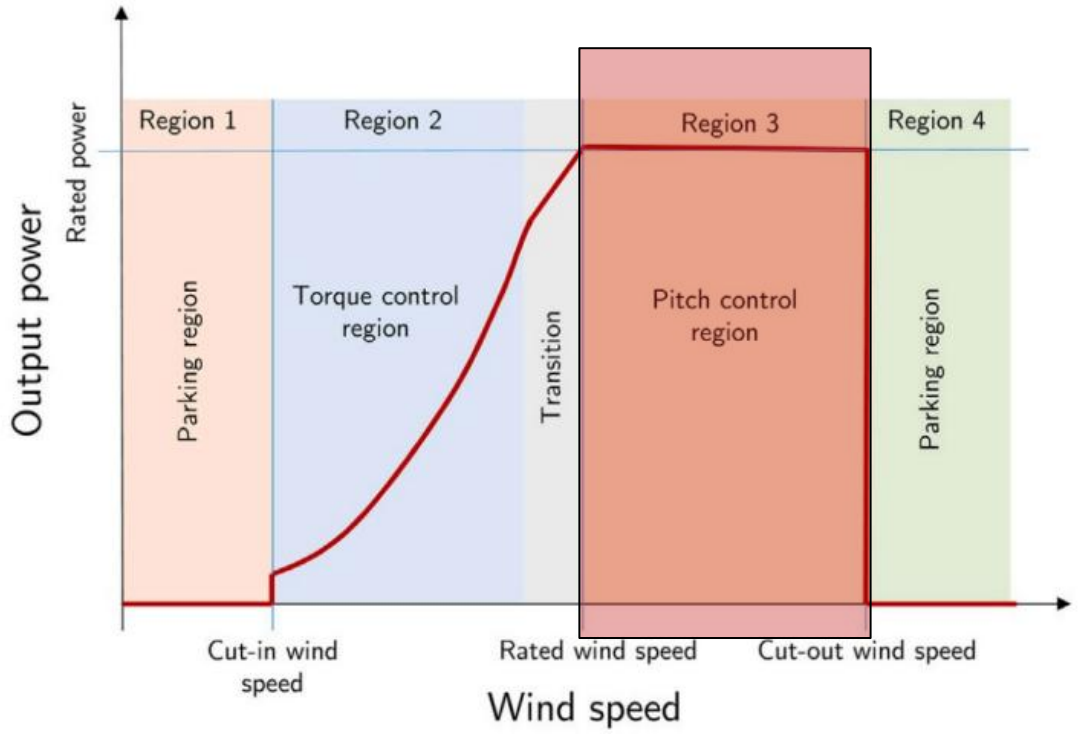
- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.
- Control clásico → Control de velocidad angular/ Potencia

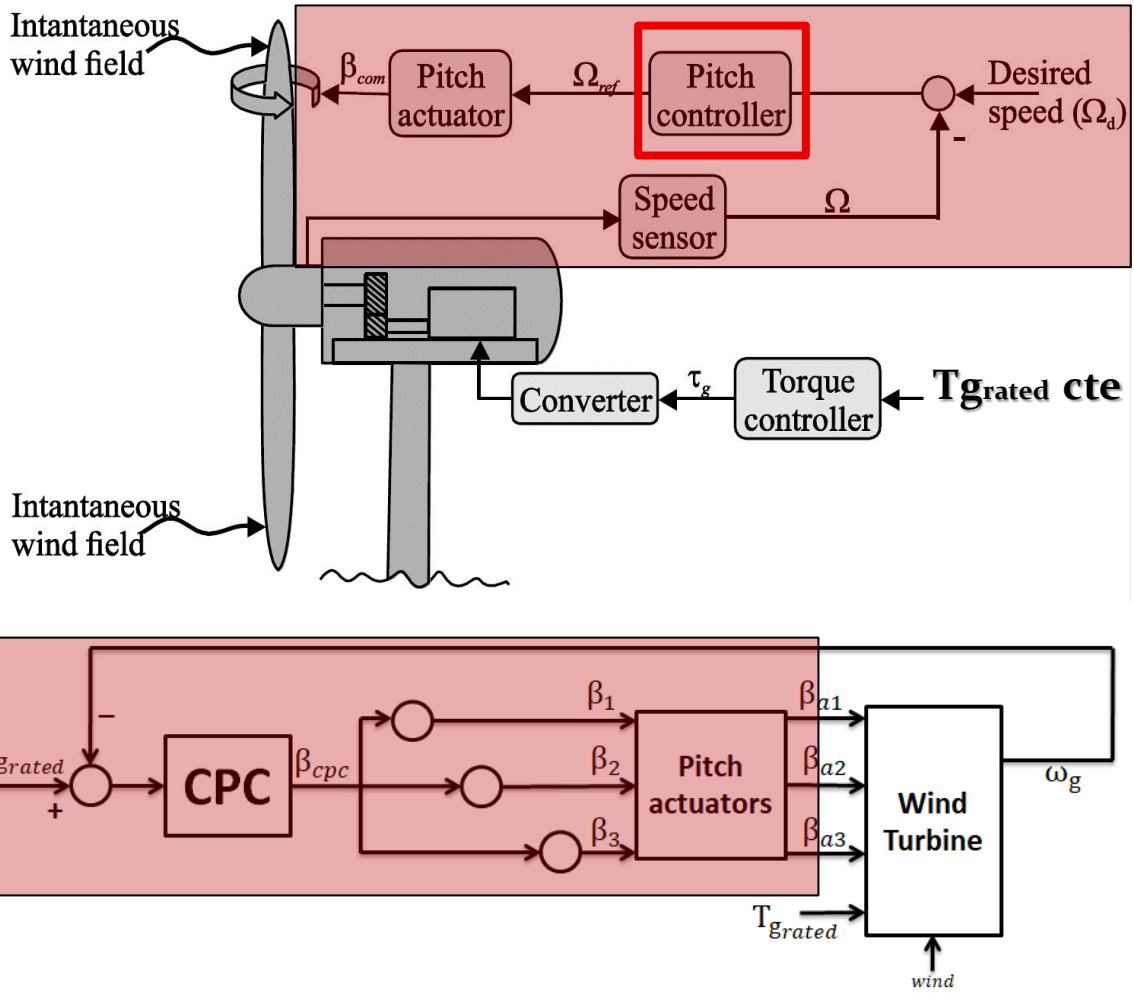




Introducción

- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.
- Control clásico → Control de velocidad angular/ Potencia





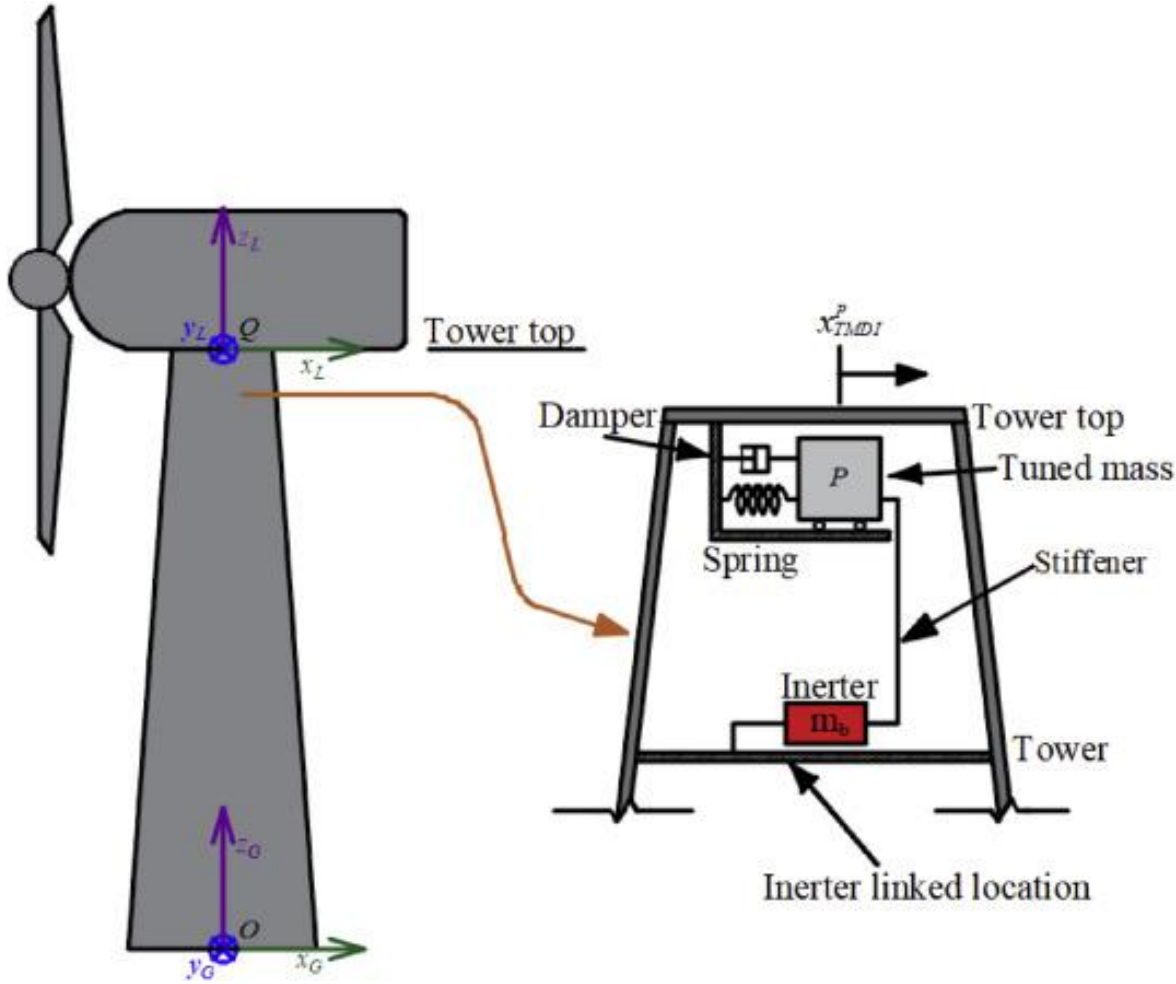
REGIÓN NOMINAL: Objetivo →Limitación de potencia

Par electromagnético fijo cte
Control de Pitch Colectivo (CPC) → Velocidad angular ω_g

Introducción

- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.

- Control de reducción de vibraciones de cargas:
  - **Control pasivo: Amortiguadores pasivos (TMD)**



Introducción

- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.

- Control de reducción de vibraciones de cargas:
  - Control pasivo: Amortiguadores pasivos (TMD)
  - **Control Activo:**

***control por amortiguamiento activo de la torre (ATDC)**
*control individual del ángulo de paso de cada pala (IPC),

  - Sistema subactuado: pitch y par electromagnético
  - Afectan a la potencia y hay interacción entre ellos



Introducción

- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.

- Control de reducción de vibraciones de cargas:
  - Control pasivo: Amortiguadores pasivos (TMD)
  - **Control Activo:**

  *control por amortiguamiento activo de la torre (ATDC)
  ***control individual del ángulo de paso de cada pala (IPC)**
  - Sistema subactuado: pitch y par electromagnético
  - Afectan a la potencia y hay interacción entre ellos



Introducción

- Lucha contra el cambio climático es una prioridad para la Unión Europea → neutralidad climática en 2050
  - La energía eólica como pilar de la transición.
- Evolución (Tamaño↑, Altura↑, Peso↓)
- Cargas mecánicas (torre, palas, eje)
- Necesidad de reducir coste de generación de energía (LCOE, Levelized Cost of Energy)

- ¿Cómo reducir el coste de generación **LCOE**?
  - **Producción de energía** → incrementar eficiencia
  - **Minimizar las cargas** → aumentar la vida útil
  - Materiales, mantenimiento, etc.

CONTROL



Metodología

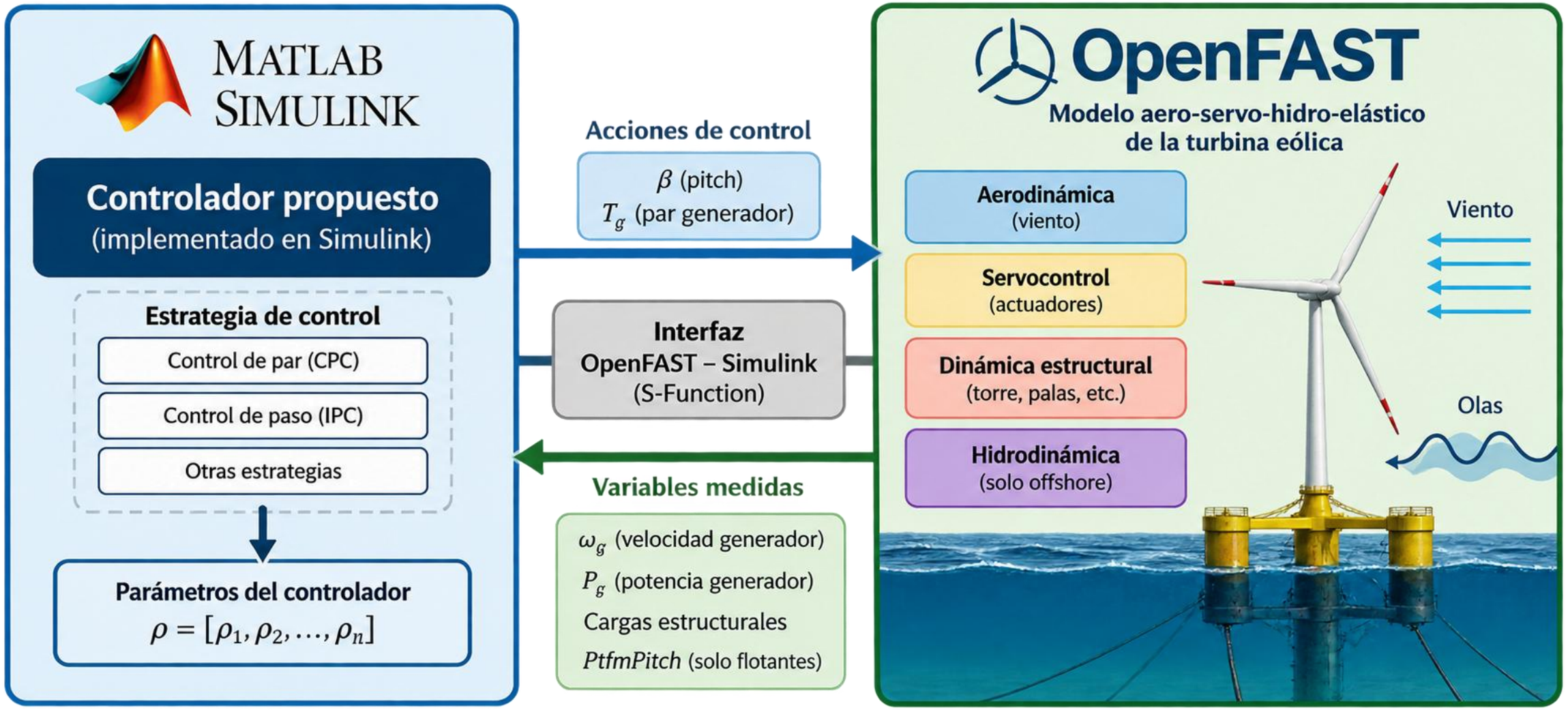


Para investigar nuevas estrategias de control...



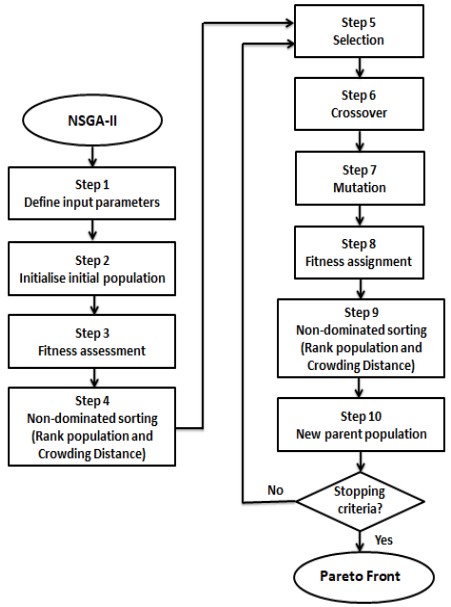
La simulación permite evaluar estrategias de control de forma **segura, repetible y sin depender de las condiciones reales.**

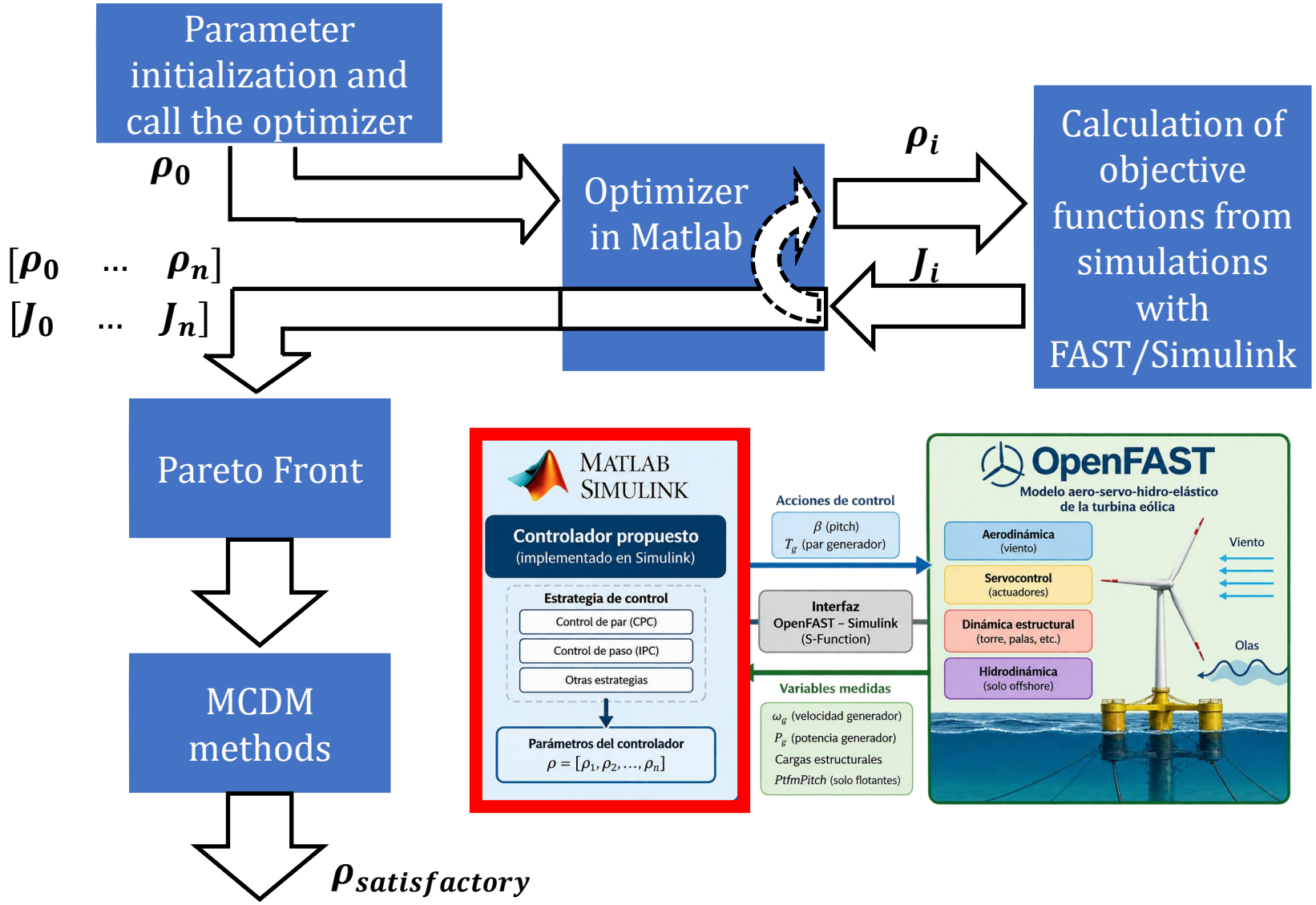
Entorno de co-simulación OpenFAST–MATLAB/Simulink



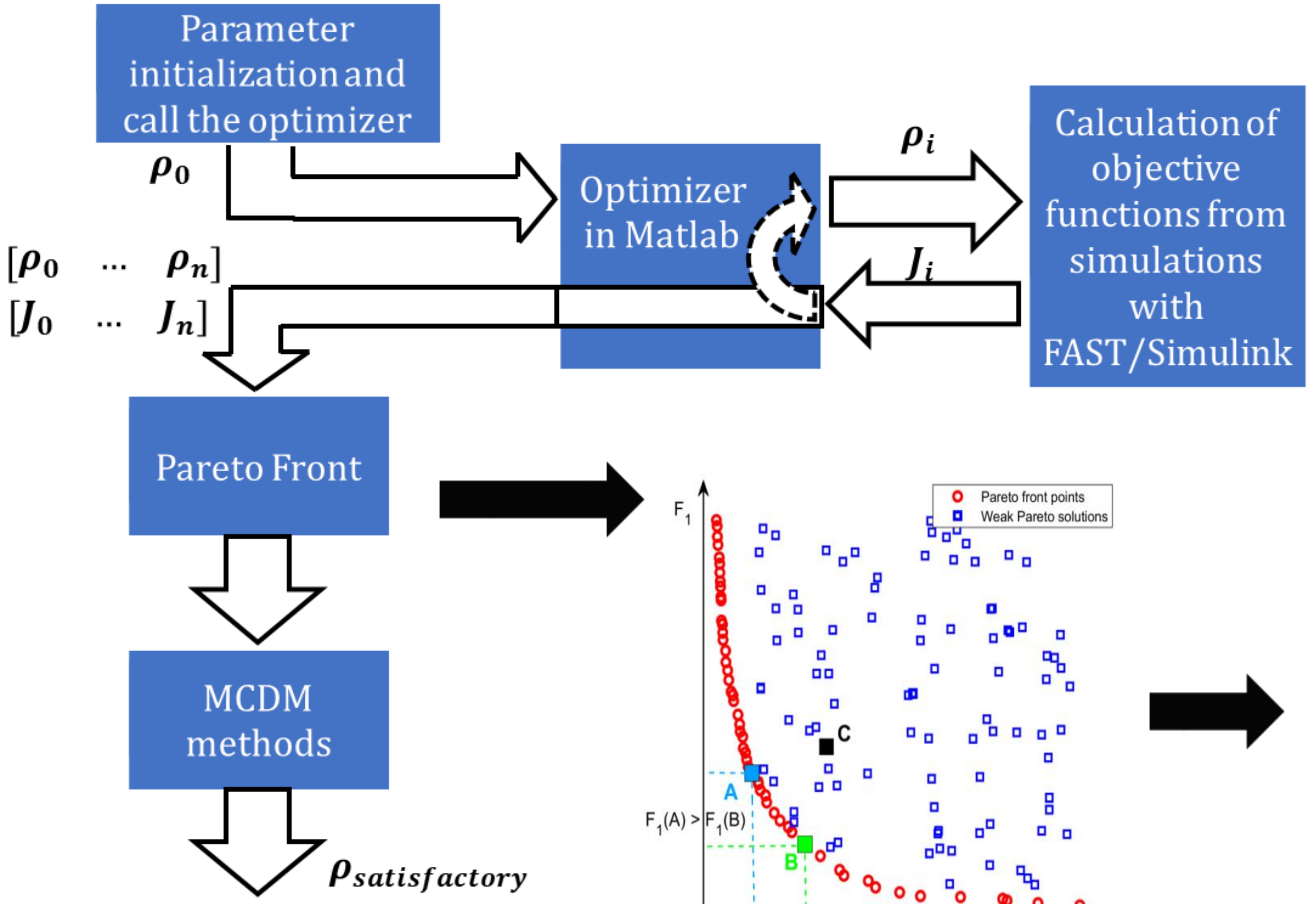
Optimización multiobjetivo con algoritmos genéticos

- Objetivos de control Ji
- Restricciones
- Valores iniciales $\boldsymbol{\rho_0}$
- Configuración de la optimización multiobjetivo (NSGA-II)



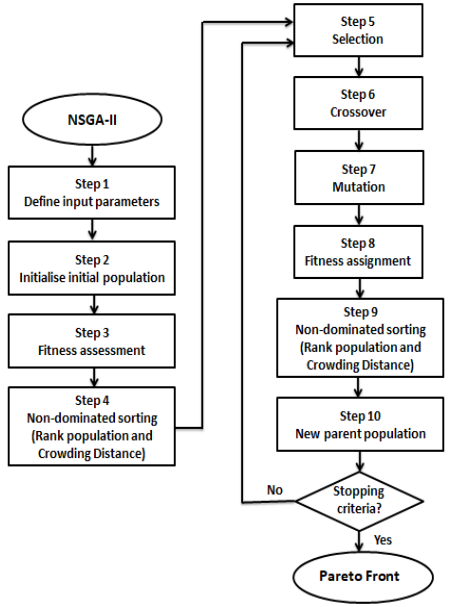


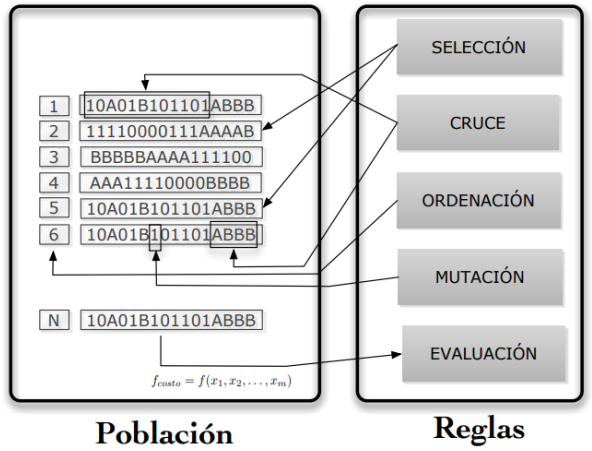
Optimización multiobjetivo con algoritmos genéticos



Población → Parámetros controladores

Función a minimizar→ Objetivos establecidos





Resultados

applied sciences

MDPI

Article

Adaptive Pitch Controller of a Large-Scale Wind Turbine Using Multi-Objective Optimization

Manuel Lara [1,*], Juan Garrido [1], Mario L. Ruz [2] and Francisco Vázquez [1]

Energy Reports 9 (2023) 1637–1650

Contents lists available at ScienceDirect

Energy Reports

journal homepage: www.elsevier.com/locate/egyr

Research paper

Multi-objective optimization for simultaneously designing active control of tower vibrations and power control in wind turbines

Manuel Lara [a], Juan Garrido [a,*], Mario L. Ruz [b], Francisco Vázquez [a]

Evolución de la línea de investigación

Primeros estudios
Aerogeneradores onshore



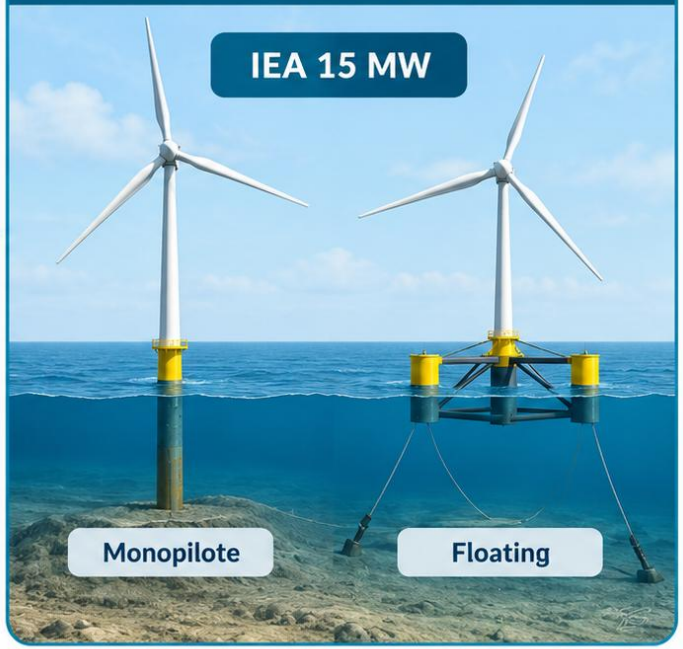
Control de pitch

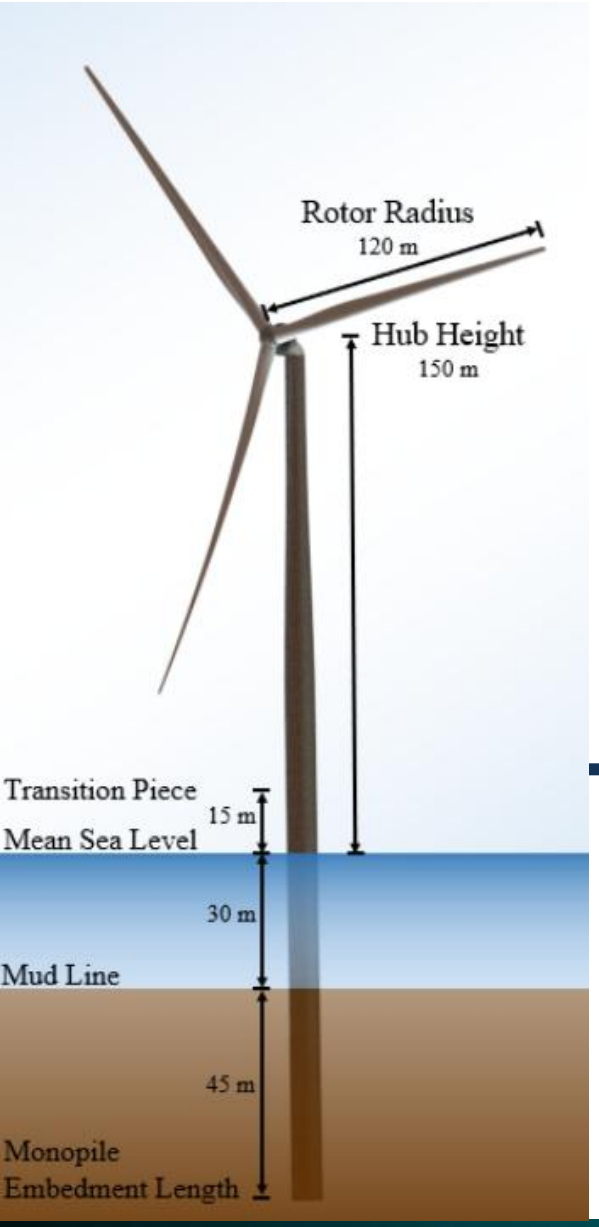
Vibraciones de torre y potencia

No se presentan hoy

Evolución hacia turbinas offshore de gran potencia

Línea posterior
Turbinas offshore de gran potencia





IEEE Access
Multidisciplinary | Rapid Review | Open Access Journal

Received 29 September 2023, accepted 15 October 2023, date of publication 19 October 2023, date of current version 25 October 2023.

Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2023.3325840

RESEARCH ARTICLE

Adaptive Active Generator Torque Controller Design Using Multi-Objective Optimization for Tower Lateral Load Reduction in Monopile Offshore Wind Turbines

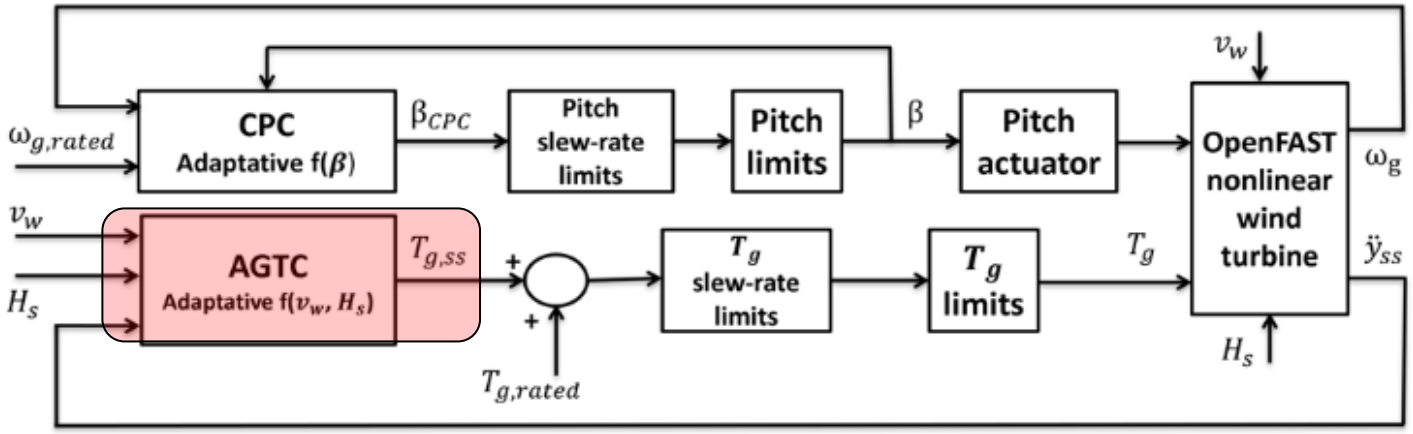
MANUEL LARA[1], FRANCISCO VÁZQUEZ[1], IÑAKI SANDUA-FERNÁNDEZ[2], AND JUAN GARRIDO[1]

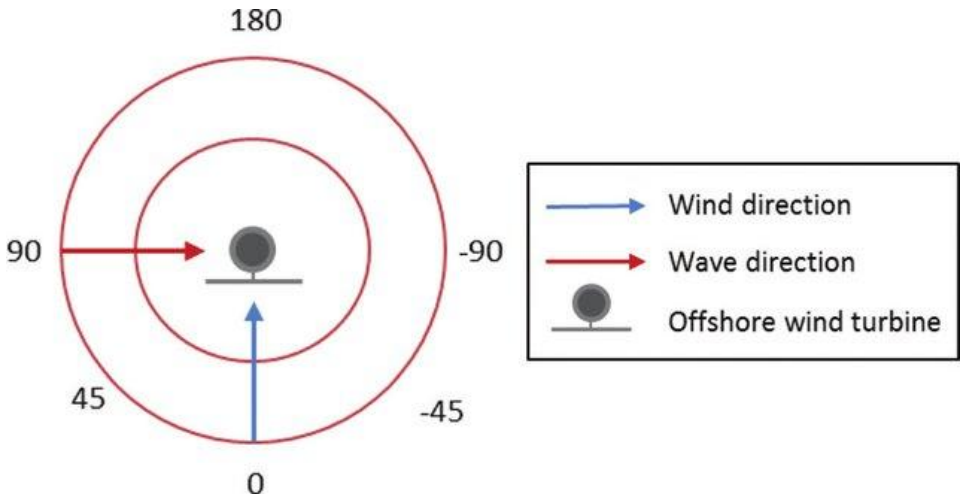
Control de amortiguamiento lateral de la torre

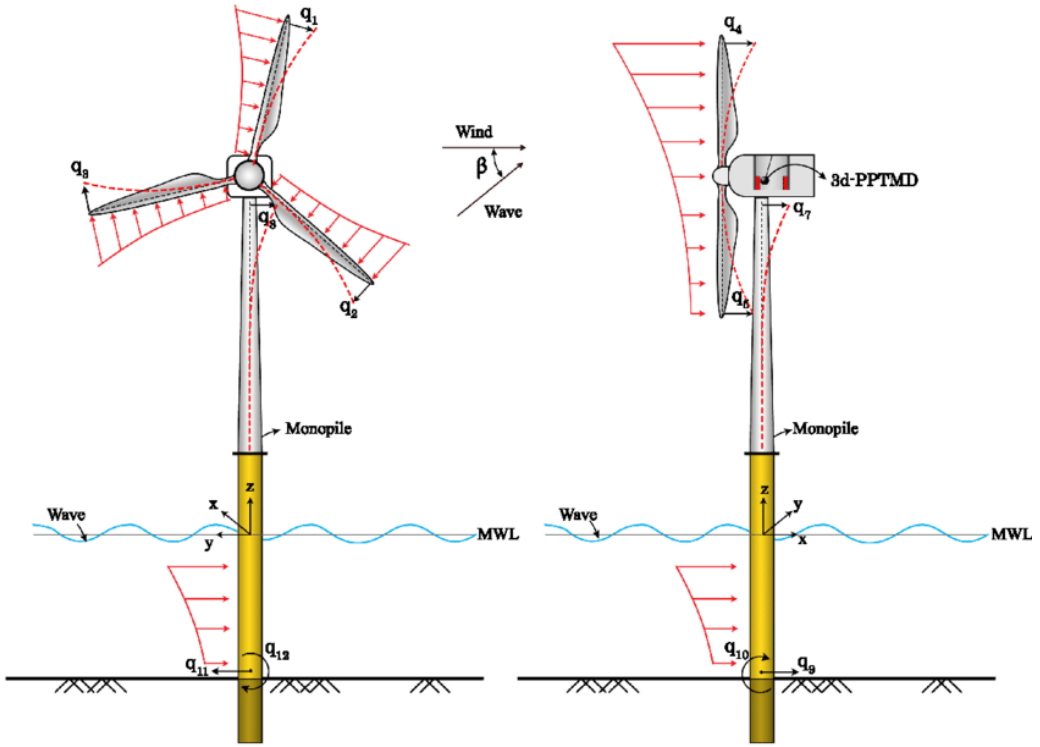
CENER
CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES

Control de amortiguamiento lateral de la torre

Active Generator Torque Control (AGTC) en aerogenerador 15-MW

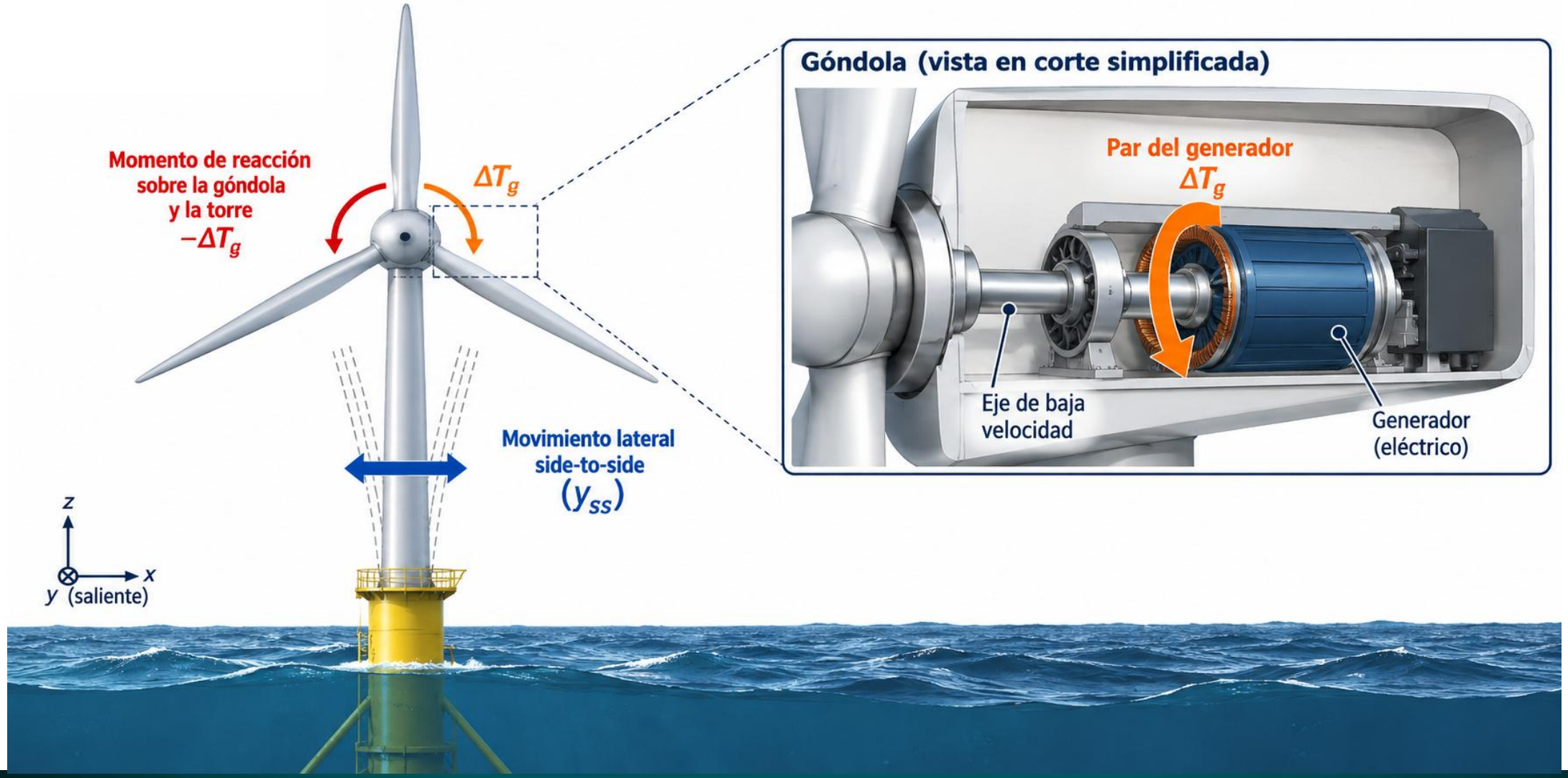






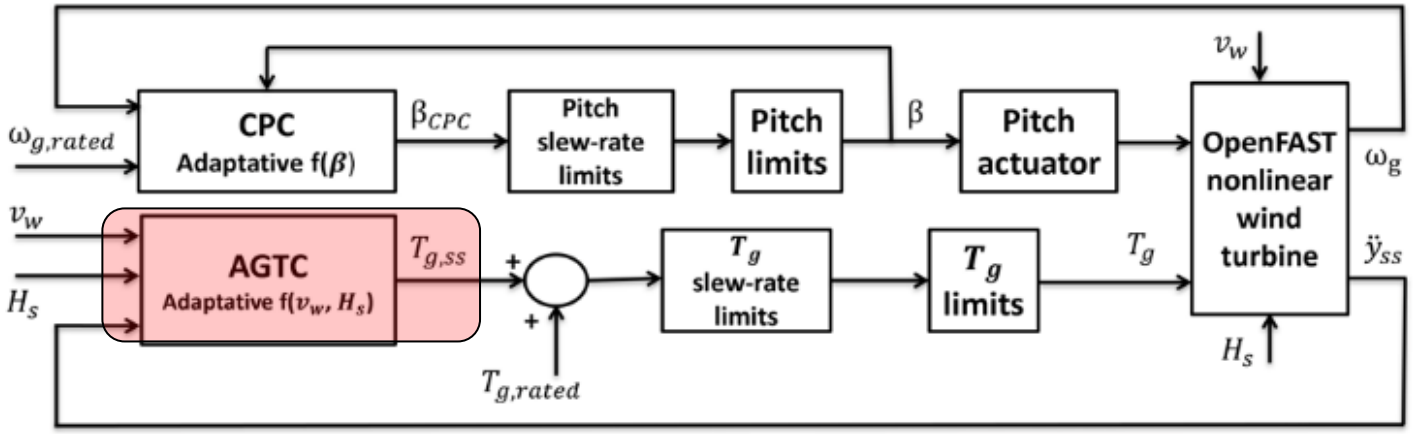
Control de amortiguamiento lateral de la torre

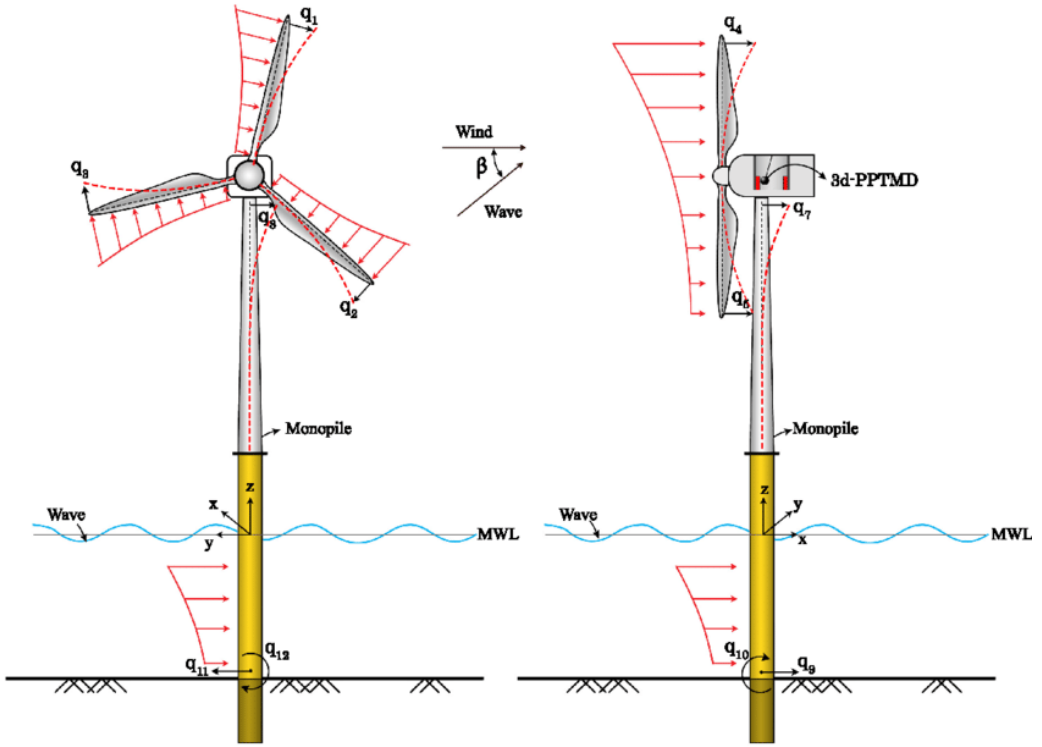
Active Generator Torque Control (AGTC) en aerogenerador 15-MW



Control de amortiguamiento lateral de la torre

Active Generator Torque Control (AGTC) en aerogenerador 15-MW





AGTC → extra T_{em} →

- → M_{SS} ↓↓
- → fluctuaciones Pg ↑ ↑
- → M_{LSS} ↑ ↑

Control de amortiguamiento lateral de la torre

Aerogenerador IEA 15 MW

Property	Value
Power rating	15 MW
Rotor orientation, configuration	Upwind, 3 blades
Cut-In, Rated Rotor Speed	5 rpm, 7.56 rpm
Cut-In, Rated, Cut-Out Wind Speed	3 m/s, 10.59 m/s, 25 m/s
Drivetrain	Low speed. Direct drive
Rated Generator Torque	19786767.5 Nm
Electrical Generator Efficiency	95.756%
Rotor, Hub Diameter, Hub height	240 m, 7.94 m, 150 m
Rotor nacelle assembly mass	1070000 kg
Tower Mass	860000 kg
Blade pitch angle limits	0 – 90 deg
Pitch slew-rate limits	2 deg/s
Generator torque slew-rate limits	4500000 Nm/s

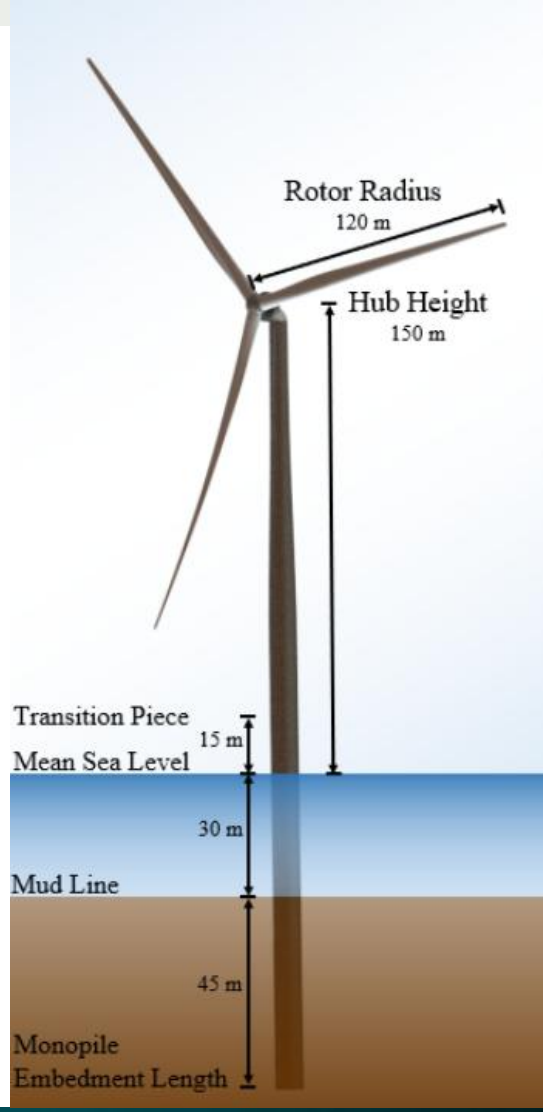
Momentos laterales de la torre M_{SS}

VS

Fluctuación de la potencia generada Pg

VS

Momento de torsión del eje M_{LSS}

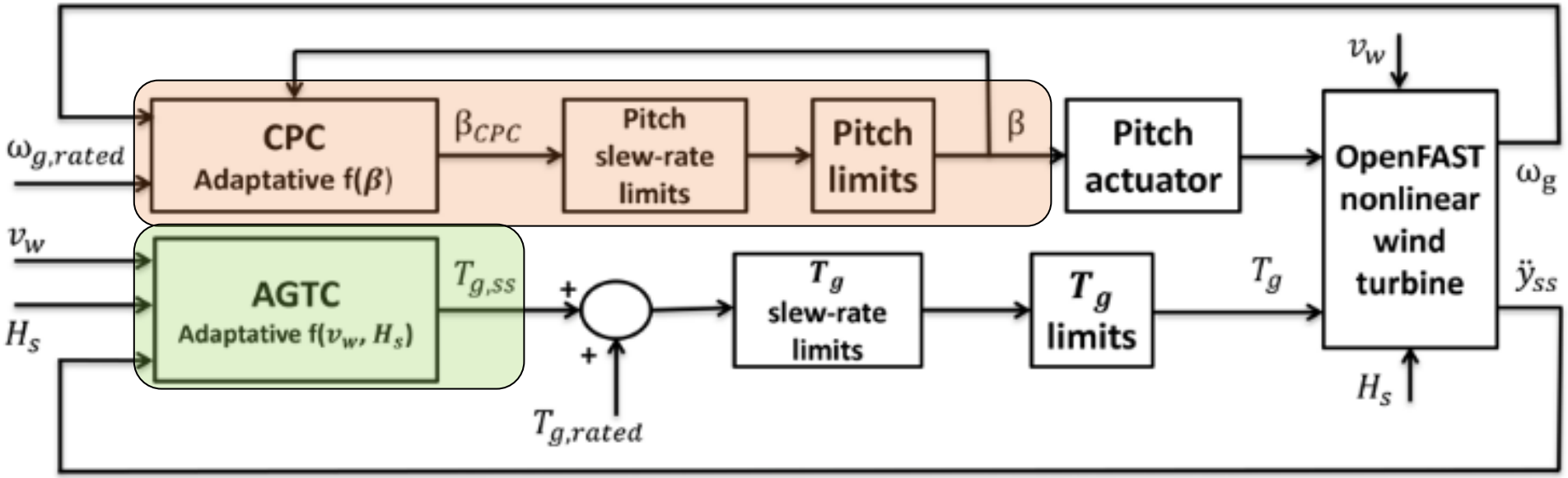


Control de amortiguamiento lateral de la torre

Esquema de control

AGTC para reducir M_{SS}

CPC con PI para regular ω_g



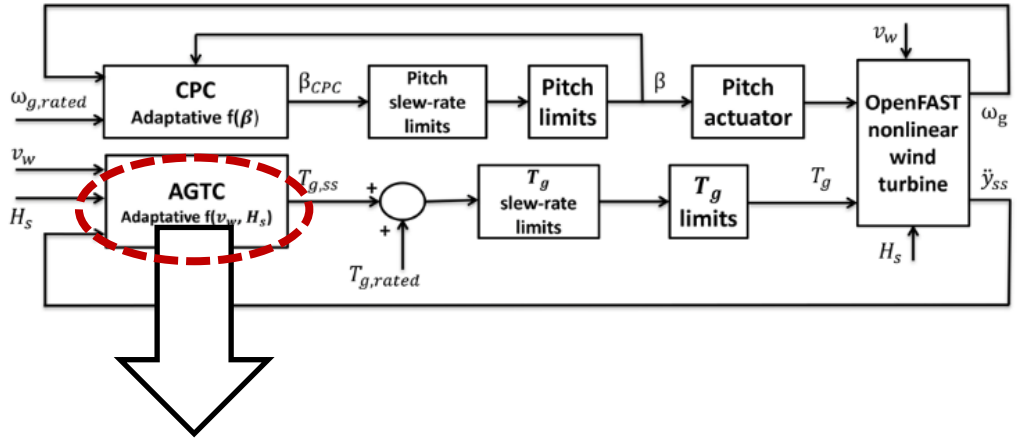
Control de amortiguamiento lateral de la torre

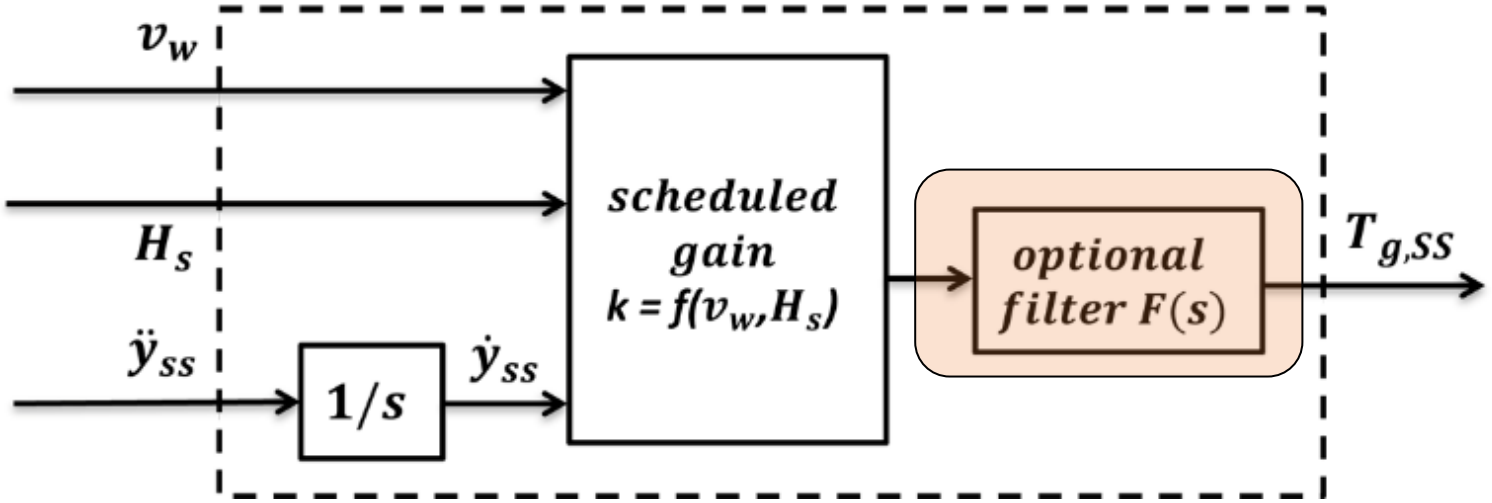
Esquema de control

AGTC con filtro opcional

$$F(s)=\frac{2\xi\omega_n s}{s^2+2\xi\omega_n s+\omega_n^2}$$

Con $\omega_n=2\pi f_n$



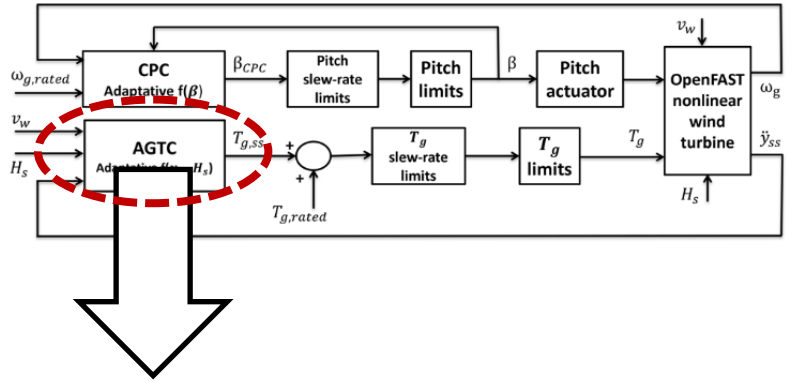


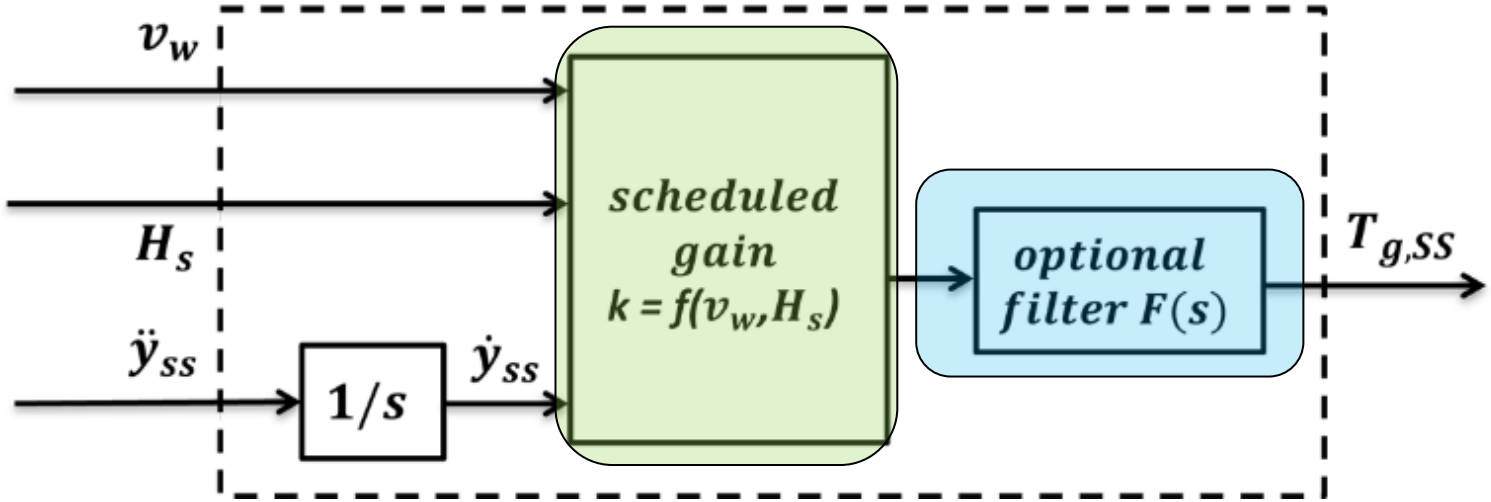
Control de amortiguamiento lateral de la torre

Esquema de control

AGTC sin filtro → k

AGTC con filtro → k, fc y ξ





Optimización multiobjetivo

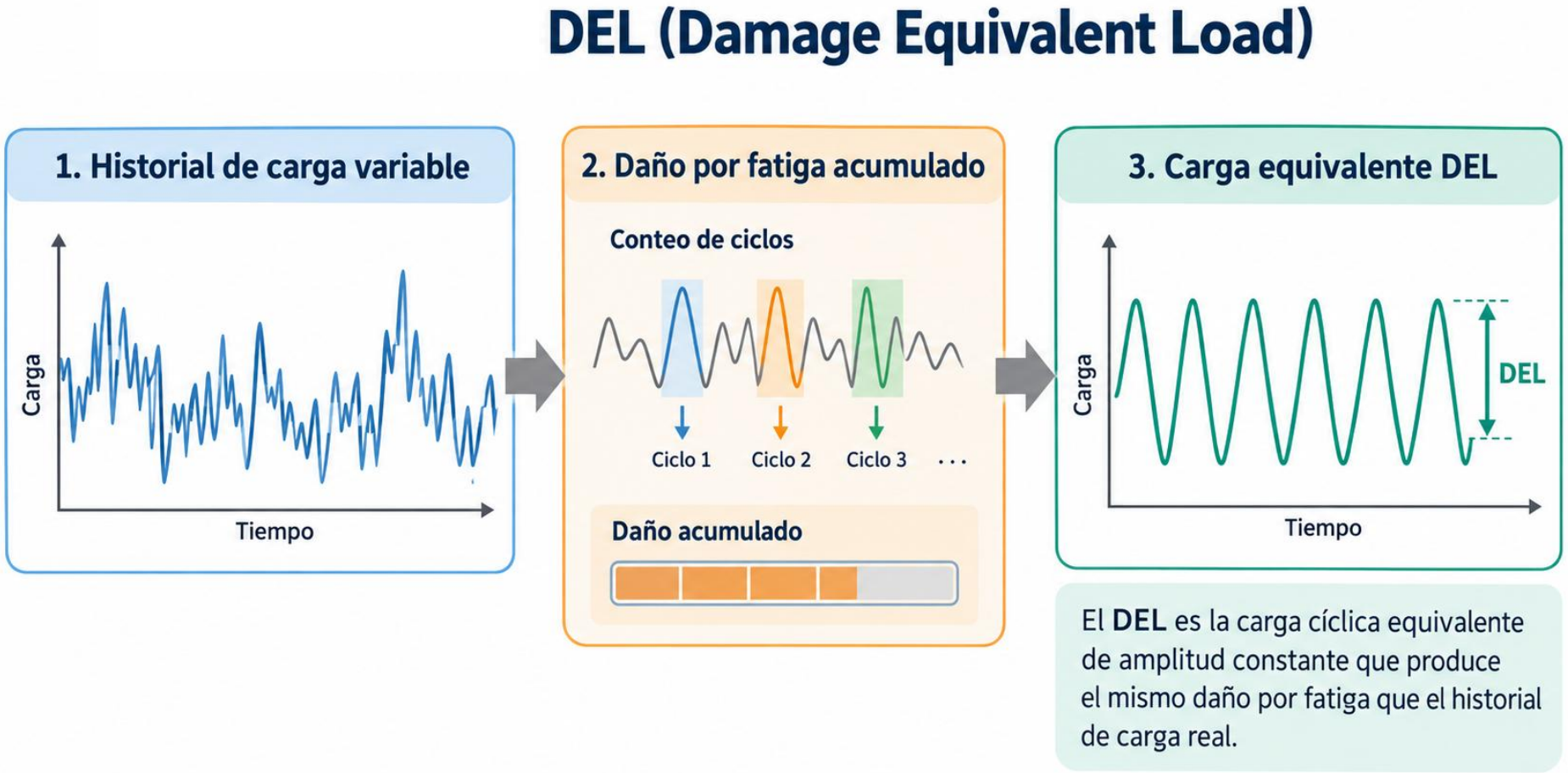
$DEL\ (M_{SS})$

$DEL\ (M_{LSS})$

$$TV(P_g) = \frac{1}{t_{sim} - t_0} \int_{t_0}^{t_{sim}} \left| \frac{dP_g(t)}{dt} \right| dt$$

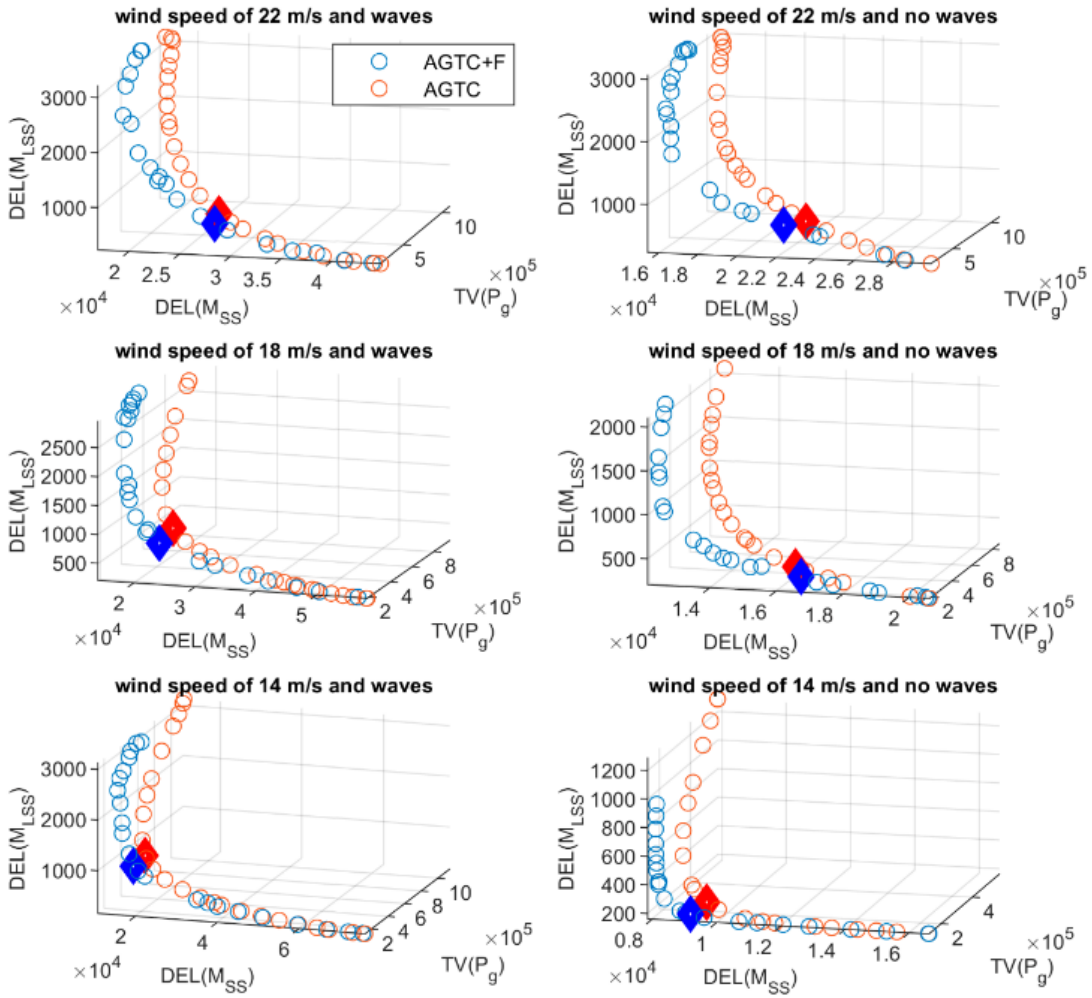
Control de amortiguamiento lateral de la torre

Optimización multiobjetivo



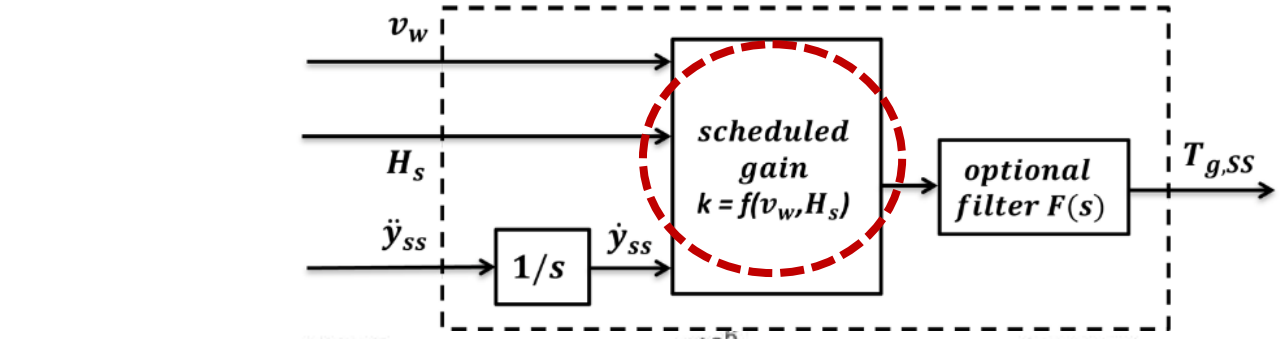
Control de amortiguamiento lateral de la torre

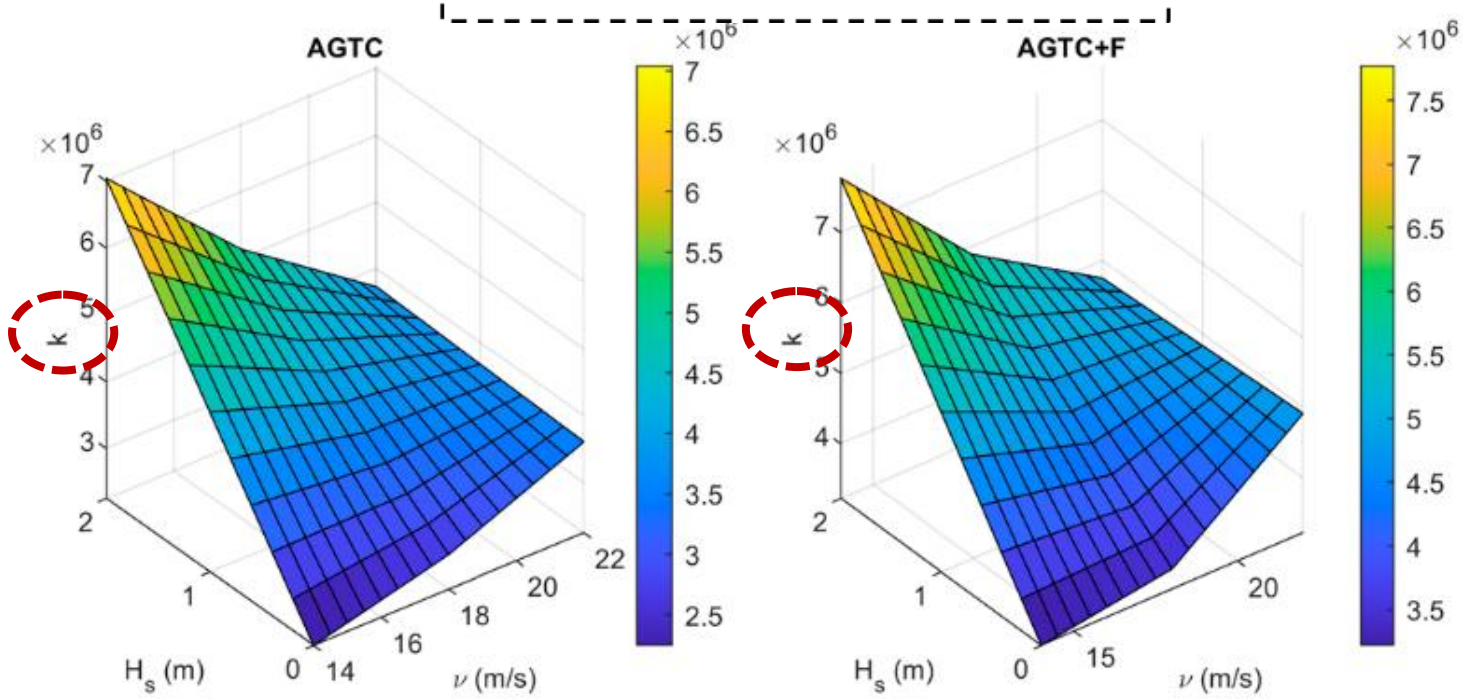
Frentes de Pareto



Control de amortiguamiento lateral de la torre

Frentes de Pareto

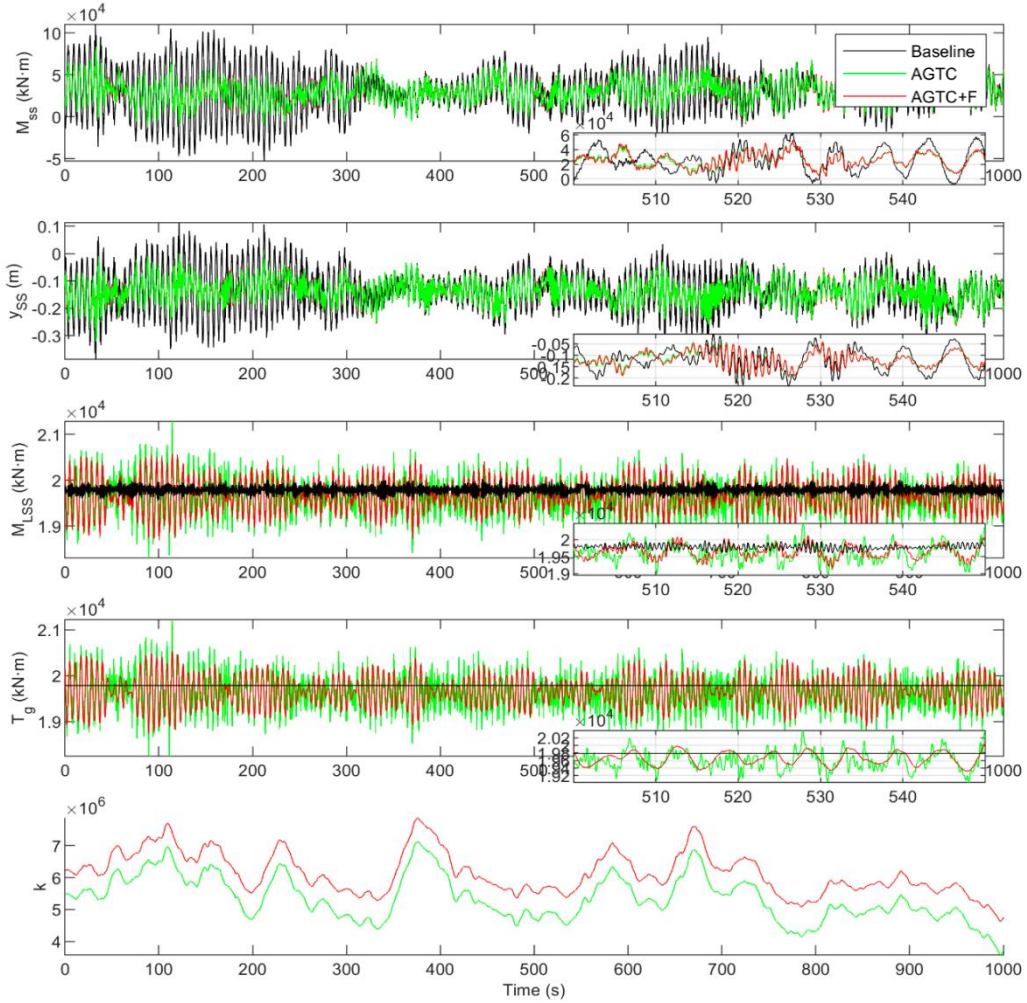




Control de amortiguamiento lateral de la torre

Resultados AGTC adaptativos. Caso II con olas.

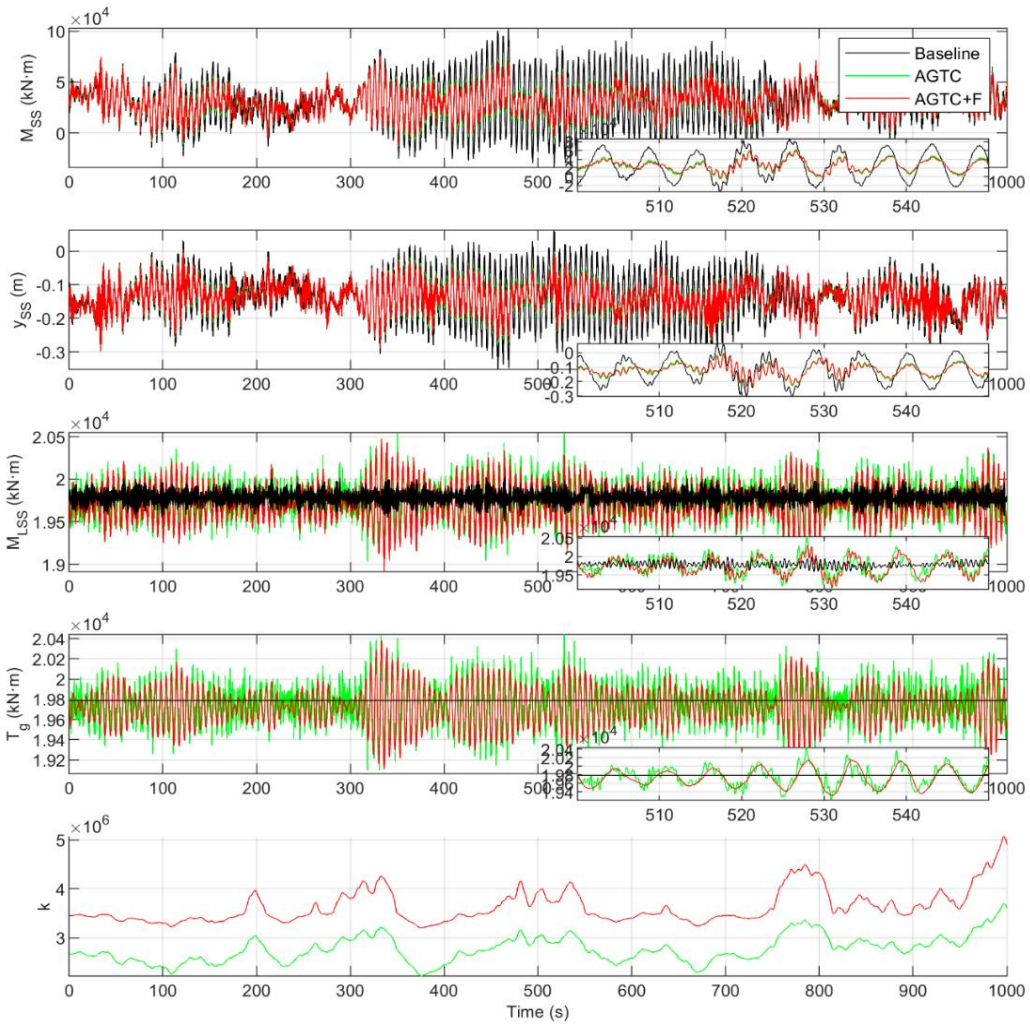
Caso II: Con olas	Sistema de control		
	BASELINE	AGTC	AGTC+F
DEL(M_{SS}) (kNm)	55868	28819 (-27049)	28901 (-26967)
DEL(M_{LSS}) (kNm)	304.33	1388.2 (+1083.9)	1052.3 (+747.97)
TV(P_g) (kW)	6.96e5	12.52e5	7.26e5



Control de amortiguamiento lateral de la torre

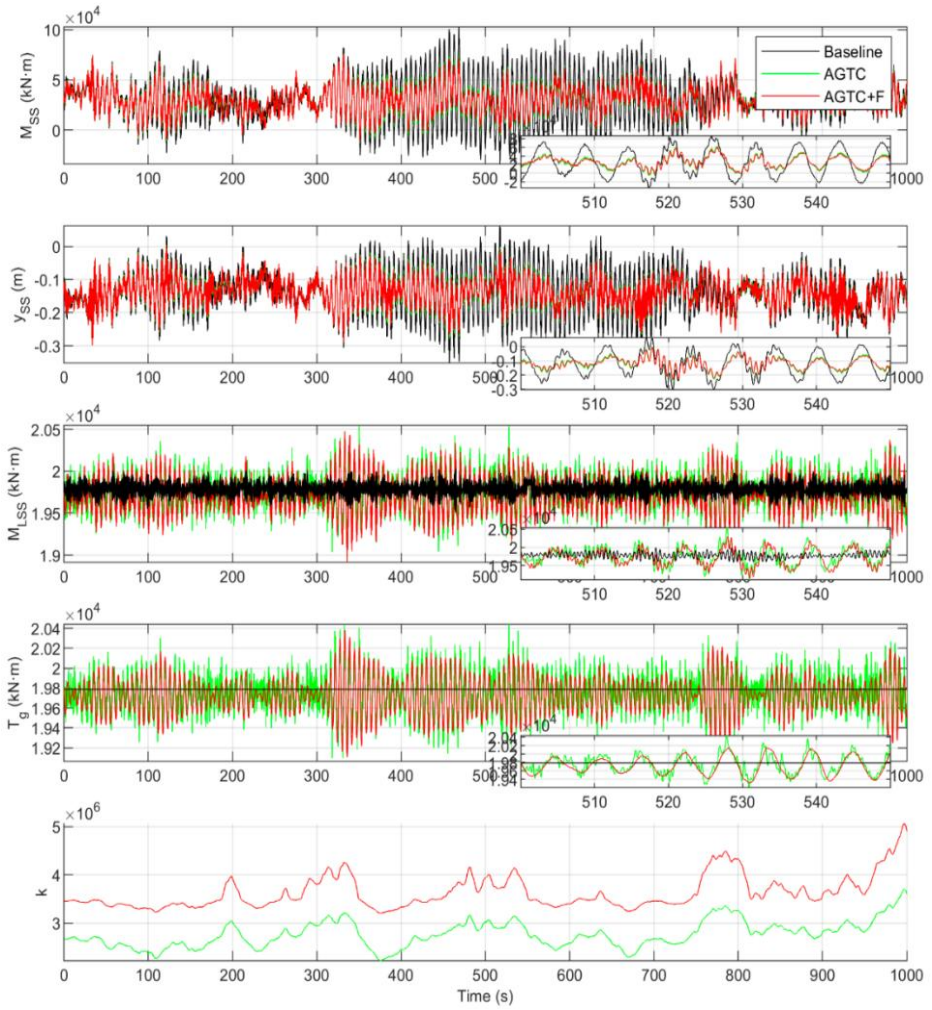
Resultados AGTC adaptativos. Caso I sin olas.

Caso I: Sin olas	Sistema de control		
	BASELINE	AGTC	AGTC+F
DEL(M_{SS}) (kNm)	48814	29228 (-19586)	27949 (-20865)
DEL(M_{LSS}) (kNm)	305.31	788.51 (+483.2)	748.02 (+442.7)
TV(P_g) (kW)	6.95e5	9.17e5	7.04e5

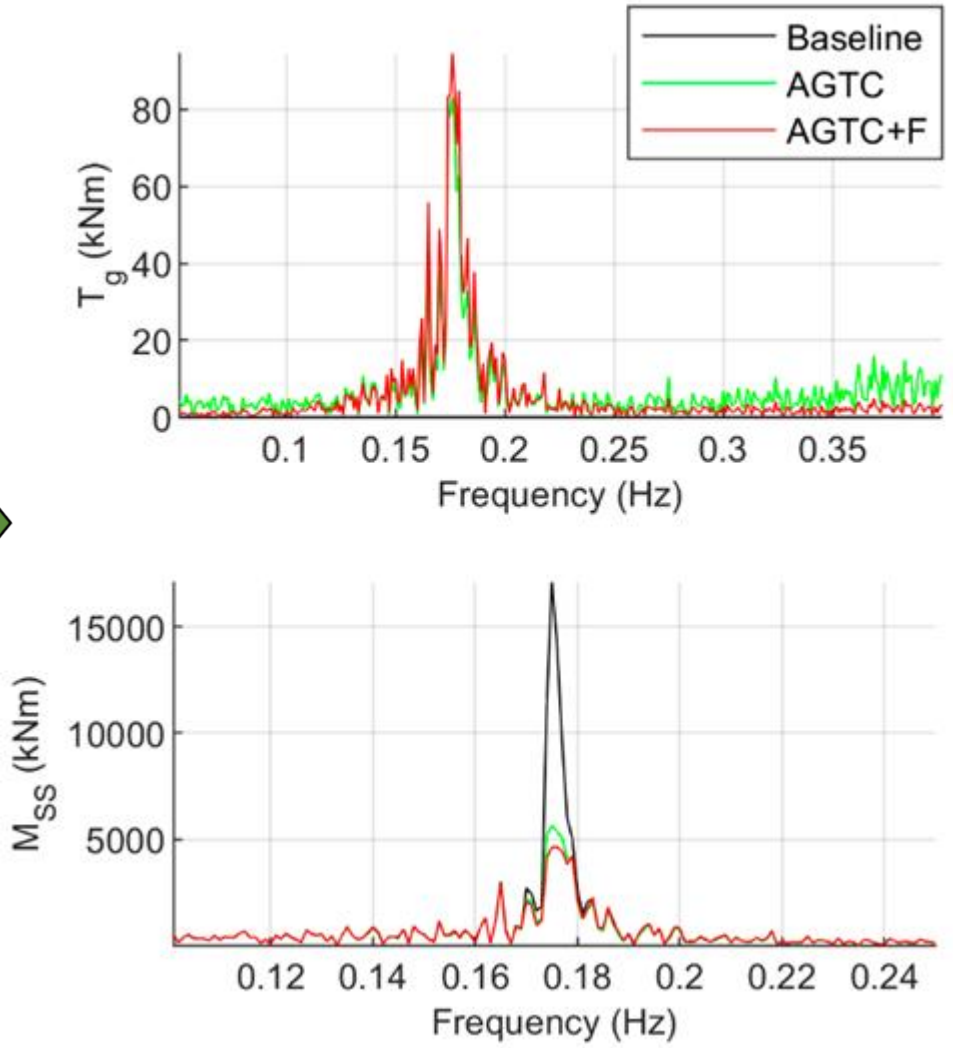


Control de amortiguamiento lateral de la torre

Resultados AGTC adaptativos. Caso I sin olas.

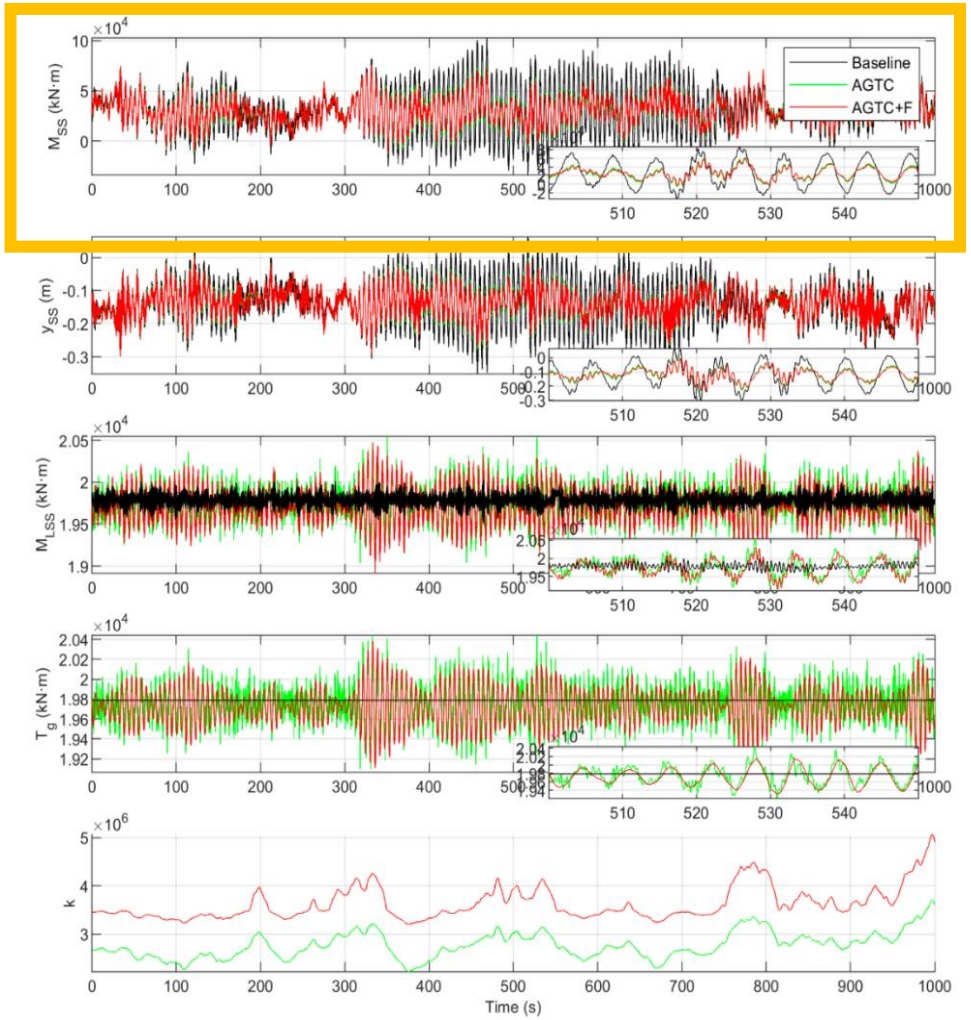


FFT

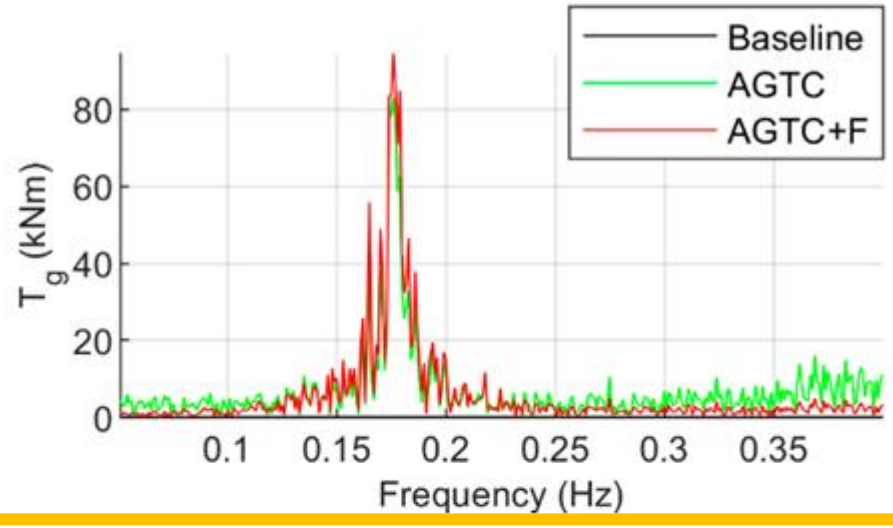


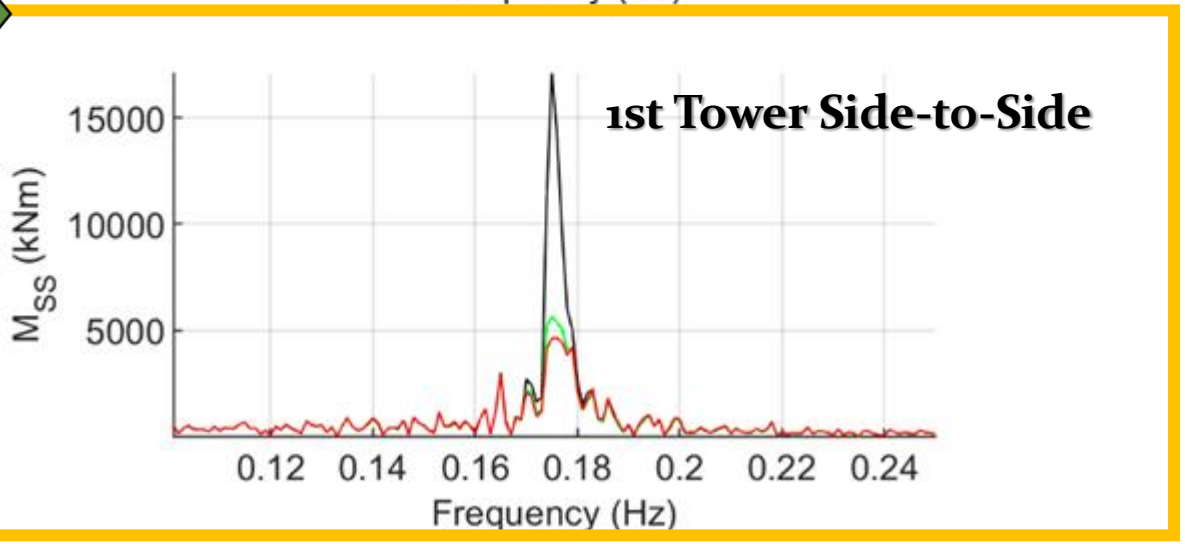
Control de amortiguamiento lateral de la torre

FFT AGTC. Caso I sin olas.



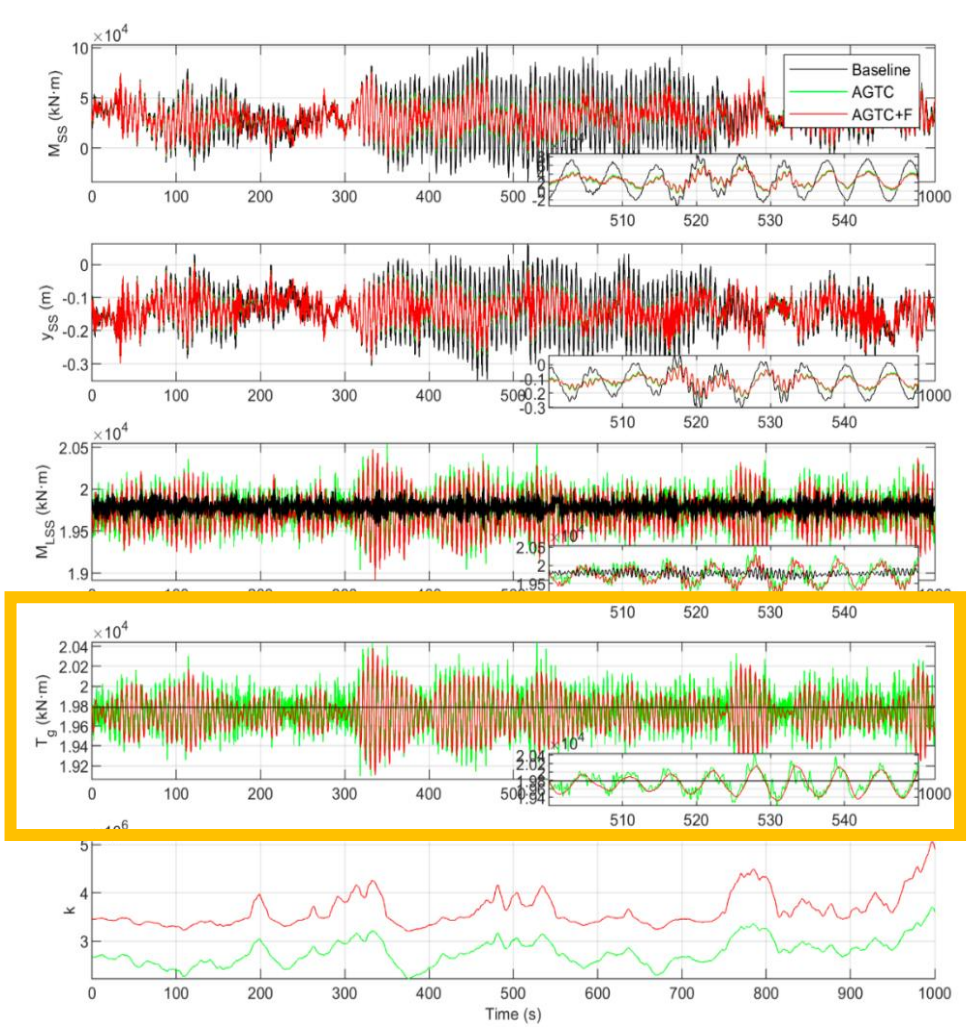
FFT



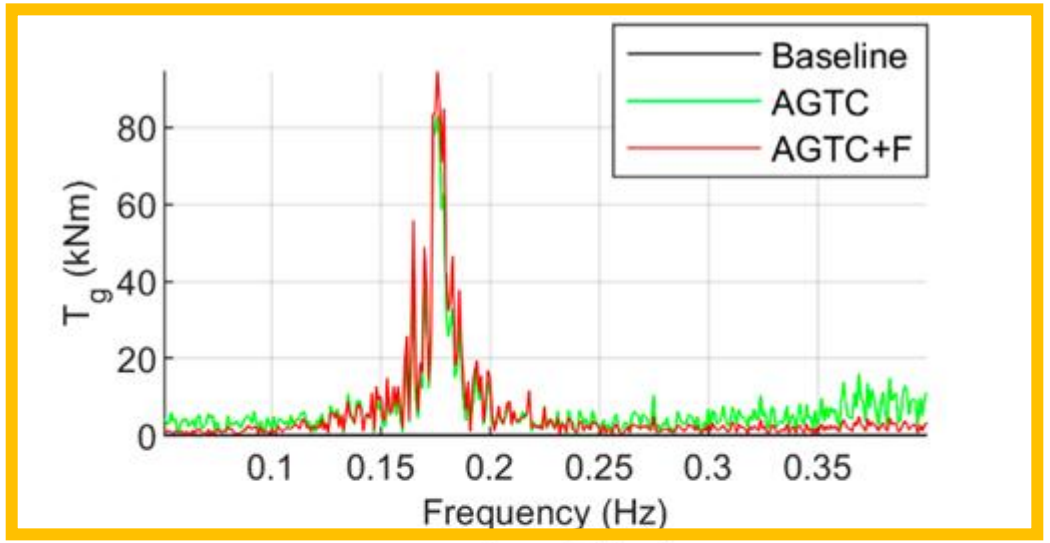


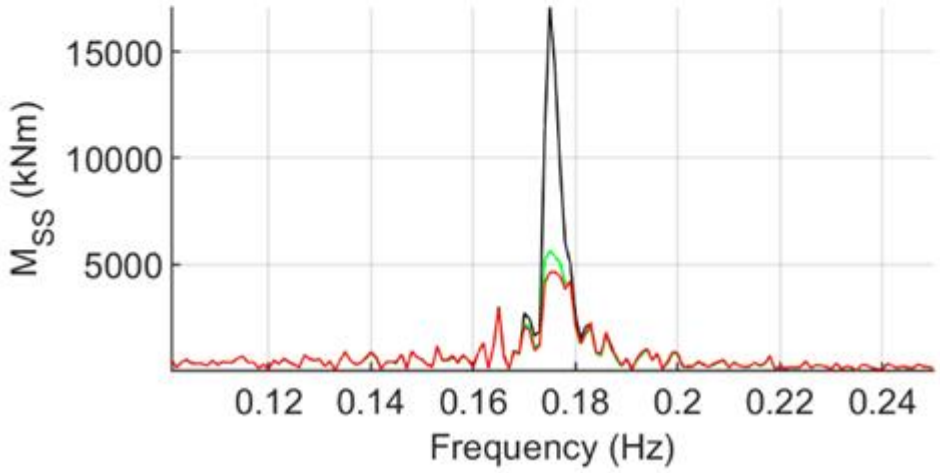
Control de amortiguamiento lateral de la torre

FFT AGTC. Caso I sin olas.



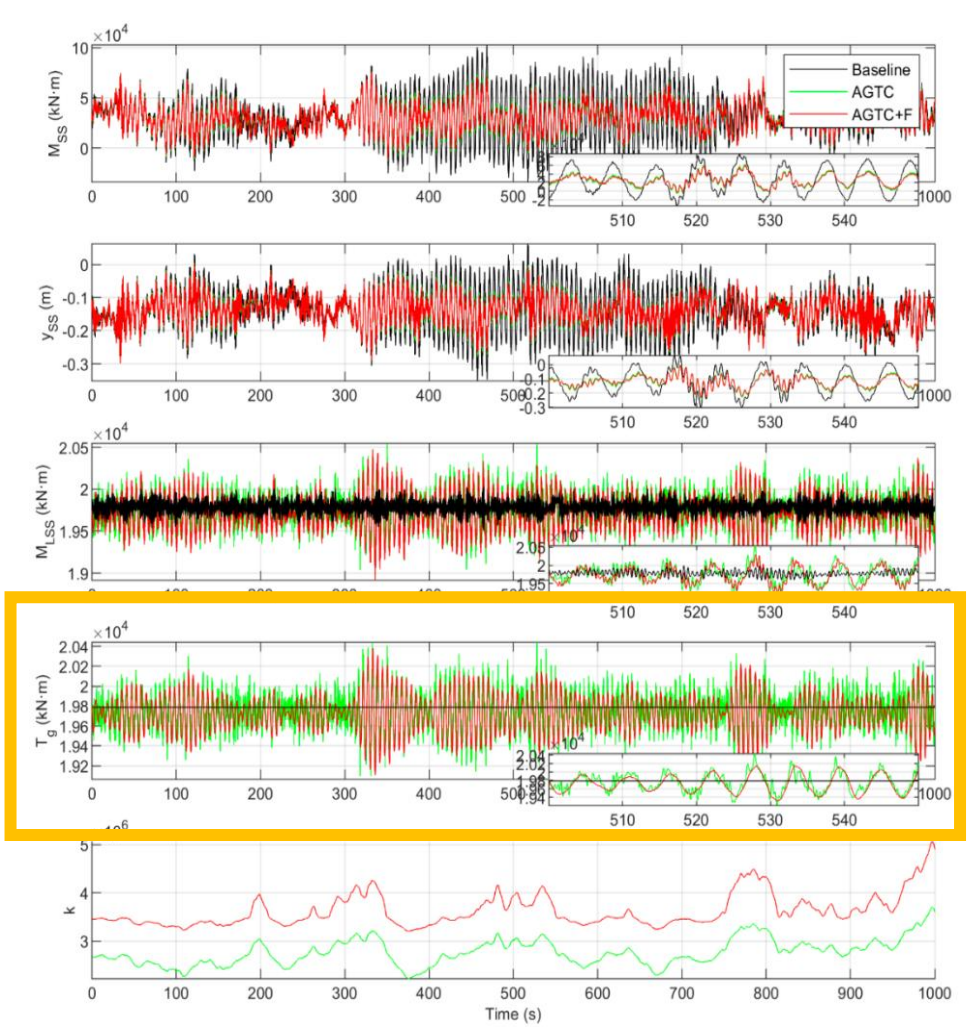
FFT



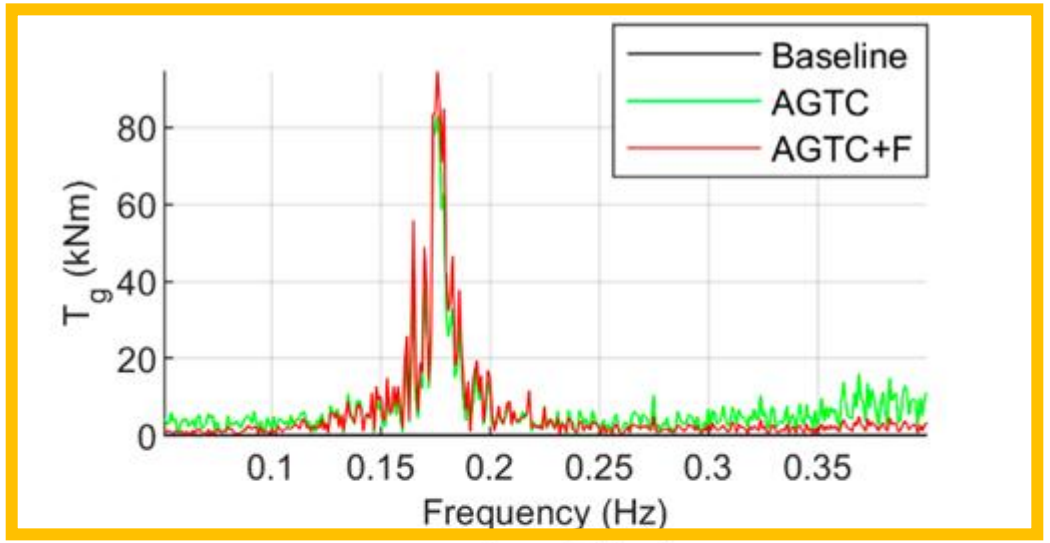


Control de amortiguamiento lateral de la torre

FFT AGTC. Caso I sin olas.



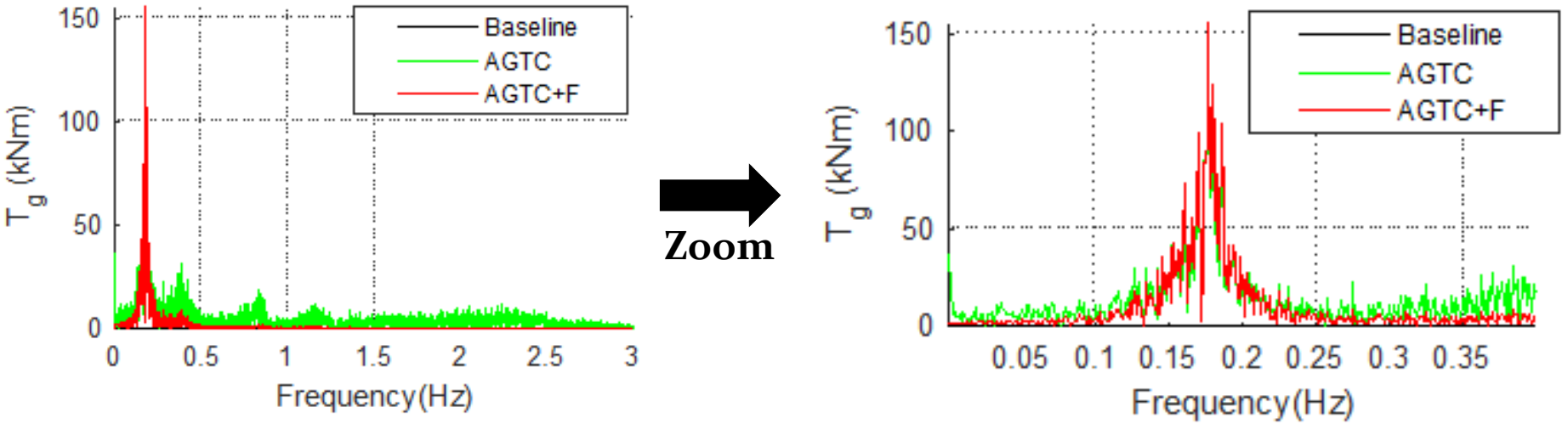
FFT



Caso I: Sin olas	Sistema de control		
	BASELINE	AGTC	AGTC+F
TV(Tg) (kNm)	0	6.40e5	1.69e5 (>-70%)

Control de amortiguamiento lateral de la torre

FFT AGTC. Caso II con olas.



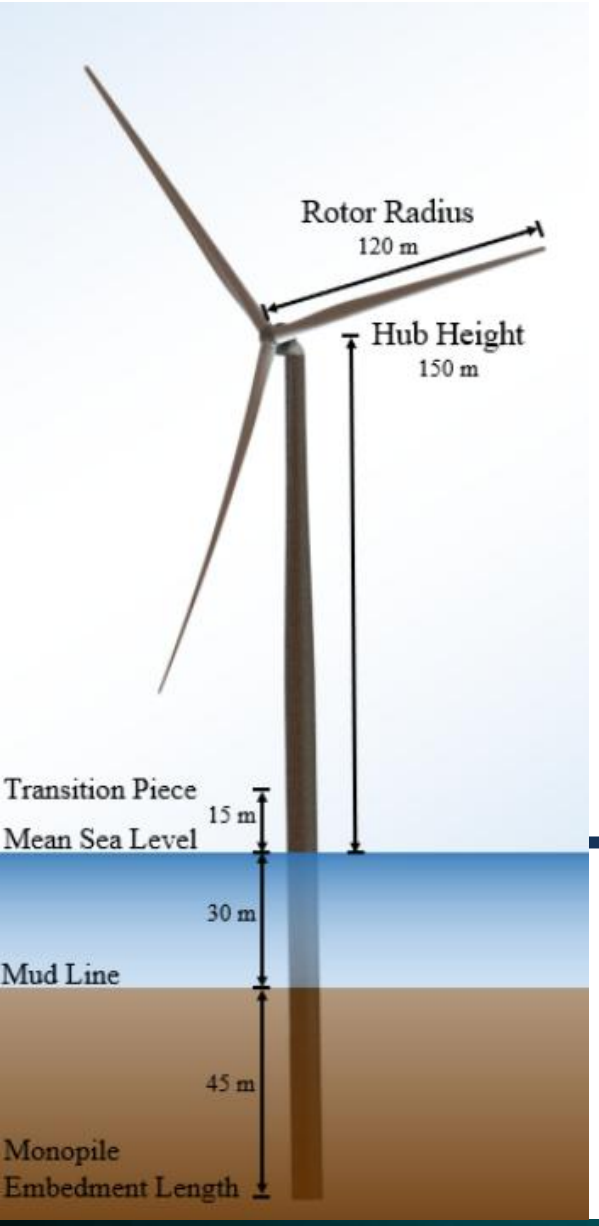
Caso II: Con olas	Sistema de control		
	BASELINE	AGTC	AGTC+F
TV(Tg) (kNm)	0	1.23e6	2.91e5 (>-75%)

Control de amortiguamiento lateral de la torre

Resultados AGTC adaptativos.

Caso I: Sin olas	Sistema de control		
	BASELINE	AGTC	AGTC+F
DEL(M_{SS}) (kNm)	48814	29228 (-19586)	27949 (-20865)
DEL(M_{LSS}) (kNm)	305.31	788.51 (+483.2)	748.02 (+442.7)
TV(P_g) (kW)	6.95e5	9.17e5	7.04e5

Caso II: Con olas	Sistema de control		
	BASELINE	AGTC	AGTC+F
DEL(M_{SS}) (kNm)	55868	28819 (-27049)	28901 (-26967)
DEL(M_{LSS}) (kNm)	304.33	1388.2 (+1083.9)	1052.3 (+747.97)
TV(P_g) (kW)	6.96e5	12.52e5	7.26e5



Ocean Engineering 367 (2026) 127761

Contents lists available at ScienceDirect

Ocean Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/oceaneng

Research paper

Simultaneous tuning of collective and individual pitch controllers for blade load reduction and power regulation in offshore wind turbines

Manuel Lara [a,*], Sebastiaan Paul Mulders [b], Jan-Willem van Wingerden [b], Francisco Vázquez [a], Juan Garrido [a]

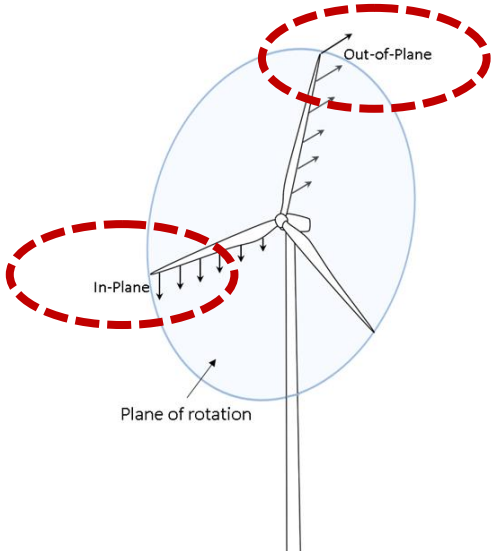
Control de cargas en las palas

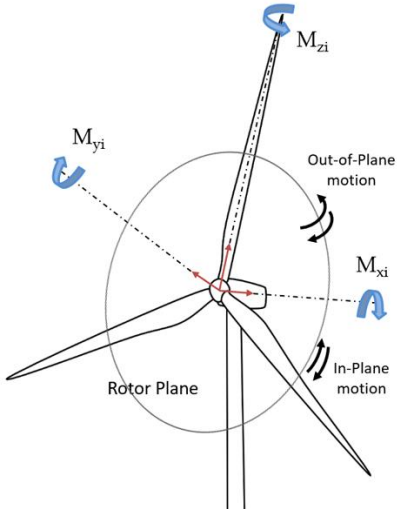
TU Delft

Control de Pitch Individual

Método IPC (Individual Pitch Control)

- Momentos de deflexión de cada pala
- Transformada de Coleman o MBC → Sistema fijo (momentos tilt y yaw)
- Control para ambos momentos dando pitch de tilt y de yaw
- Transformada inversa de Coleman → Pitch individual

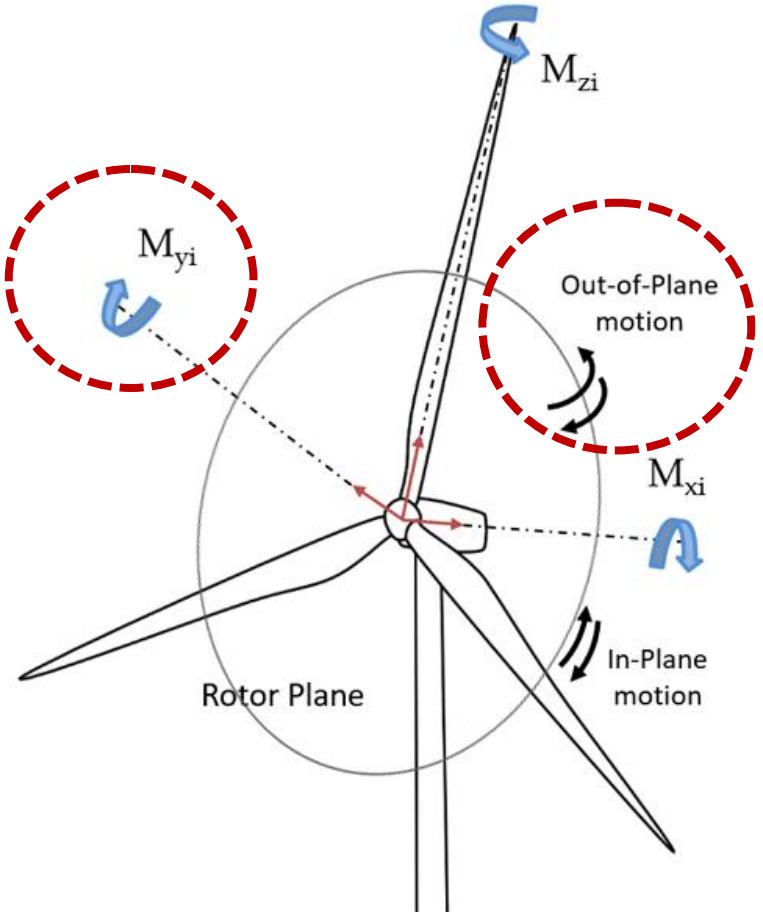




Control de Pitch Individual

Método IPC (Individual Pitch Control)

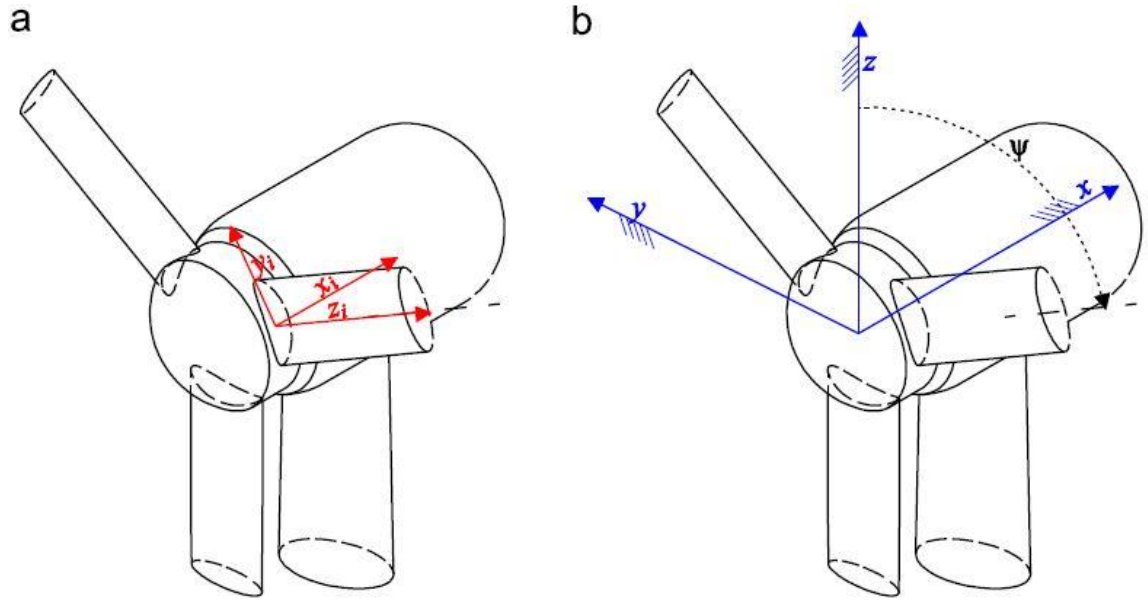
- Momentos de deflexión de cada pala
- Transformada de Coleman o MBC → Sistema fijo (momentos tilt y yaw)
- Control para ambos momentos dando pitch de tilt y de yaw
- Transformada inversa de Coleman → Pitch individual



Control de Pitch Individual

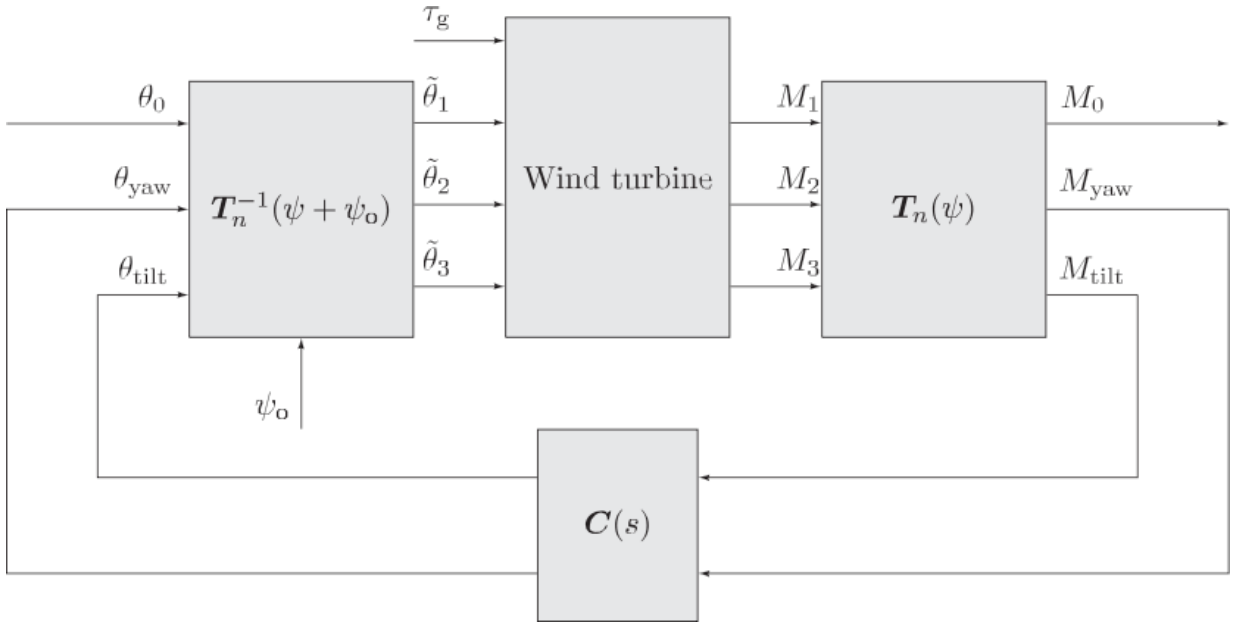
Método IPC (Individual Pitch Control)

- Momentos de deflexión de cada pala
- Transformada de Coleman o MBC → Sistema fijo (momentos tilt y yaw)
- Control para ambos momentos dando pitch de tilt y de yaw
- Transformada inversa de Coleman → Pitch individual



Control de Pitch Individual

Método IPC (Individual Pitch Control)



MBC transform

$$\boldsymbol{T}(\boldsymbol{\psi}) = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} cos(\psi_1) & cos(\psi_2) & cos(\psi_3) \\ sin(\psi_1) & sin(\psi_2) & sin(\psi_3) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_t(t) \\ M_y(t) \end{bmatrix} = \boldsymbol{T}(\boldsymbol{\psi})\, \boldsymbol{M}(t).$$

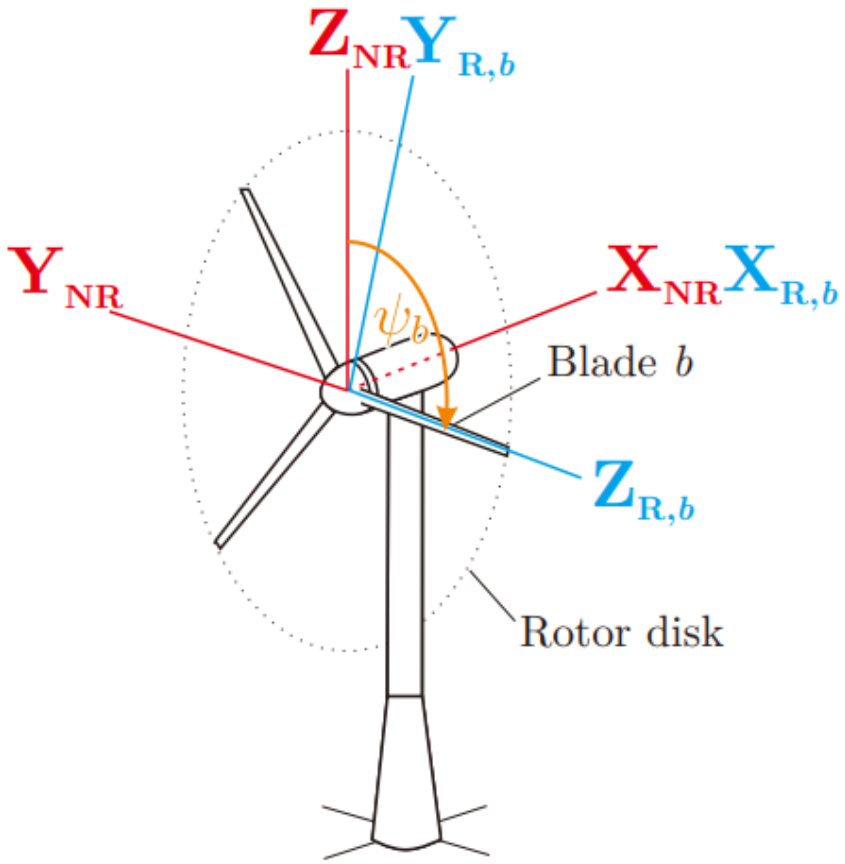
Reverse MBC transform

$$\boldsymbol{T}^{-1} = \begin{bmatrix} \cos(\psi_1) & \sin(\psi_1) \\ \cos(\psi_2) & \sin(\psi_2) \\ \cos(\psi_3) & \sin(\psi_3) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \beta_{IPC1}(t) \\ \beta_{IPC2}(t) \\ \beta_{IPC3}(t) \end{bmatrix} = \boldsymbol{T}^{-1}(\boldsymbol{\psi}) \begin{bmatrix} \beta_t(t) \\ \beta_y(t) \end{bmatrix}$$

Control de Pitch Individual

Método IPC (Individual Pitch Control)



MBC transform

$$\boldsymbol{T}(\boldsymbol{\psi}) = \frac{2}{3}\begin{bmatrix} cos(\psi_1) & cos(\psi_2) & cos(\psi_3) \\ sin(\psi_1) & sin(\psi_2) & sin(\psi_3) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} M_t(t) \\ M_y(t) \end{bmatrix} = \boldsymbol{T}(\boldsymbol{\psi})\, \boldsymbol{M}(t).$$

Reverse MBC transform

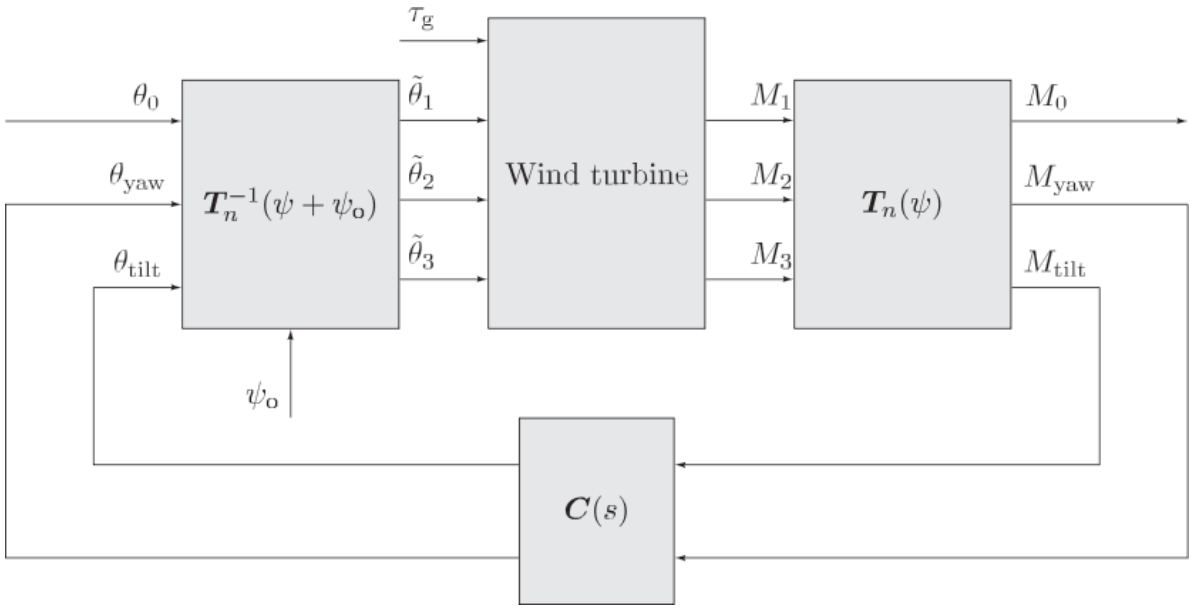
$$\boldsymbol{T}^{-1} = \begin{bmatrix} \cos(\psi_1) & \sin(\psi_1) \\ \cos(\psi_2) & \sin(\psi_2) \\ \cos(\psi_3) & \sin(\psi_3) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \beta_{IPC1}(t) \\ \beta_{IPC2}(t) \\ \beta_{IPC3}(t) \end{bmatrix} = \boldsymbol{T}^{-1}(\boldsymbol{\psi}) \begin{bmatrix} \beta_t(t) \\ \beta_y(t) \end{bmatrix}$$

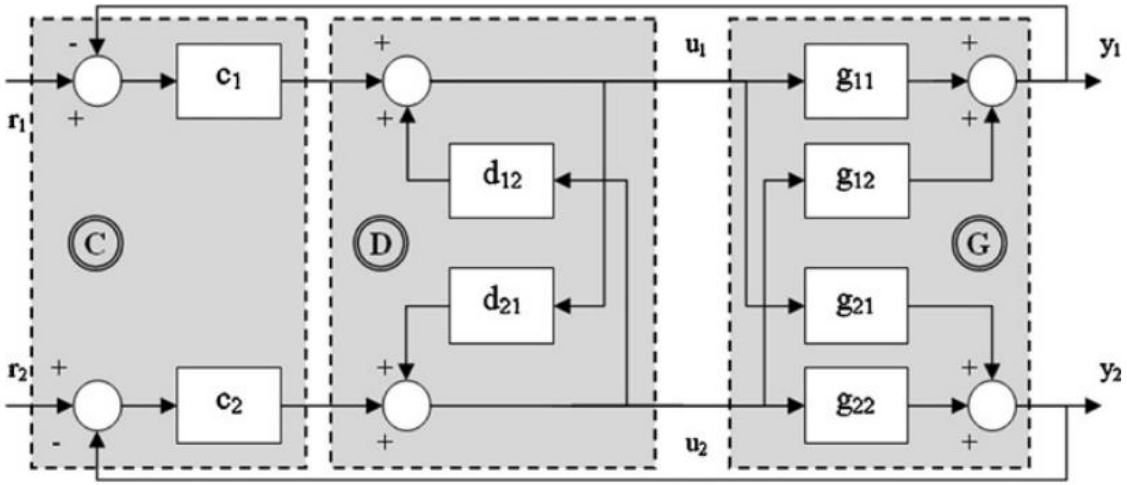
Control de cargas en las palas

Control de Pitch Individual

Azimuth offset (ψo)



Static inverted decoupling



Reverse MBC transform

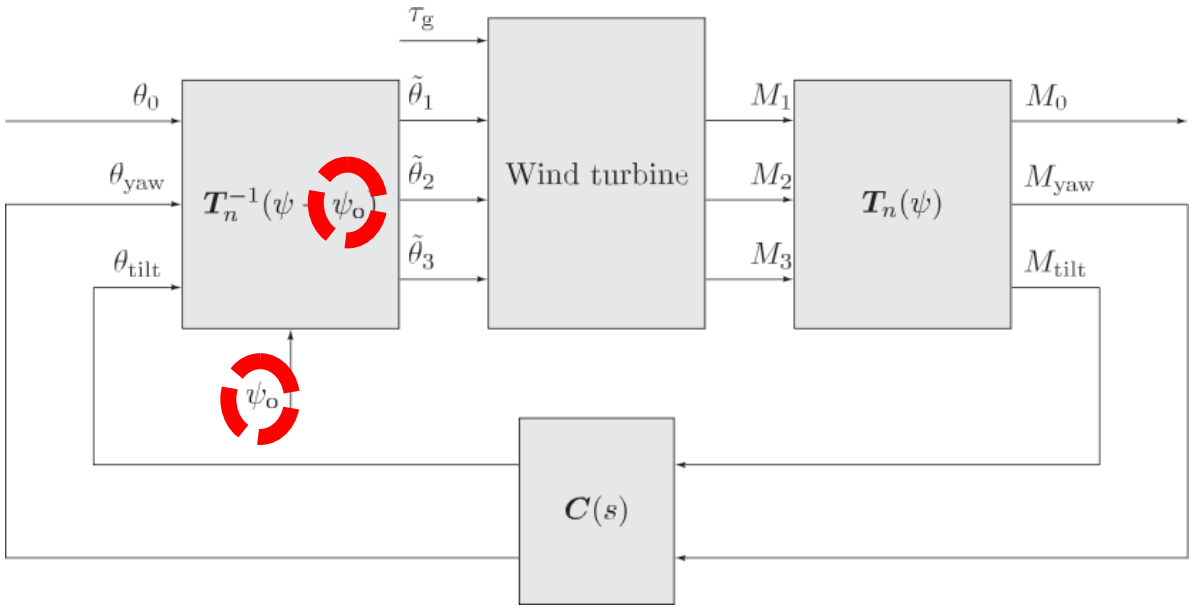
$$\boldsymbol{T}^{-1} = \begin{bmatrix} \cos(\psi_1+\psi_o) & \sin(\psi_1+\psi_o) \\ \cos(\psi_2+\psi_o) & \sin(\psi_2+\psi_o) \\ \cos(\psi_3+\psi_o) & \sin(\psi_3+\psi_o) \end{bmatrix}$$

$$d_{12}(0) = -\frac{g_{12}(0)}{g_{11}(0)} \qquad d_{21}(0) = -\frac{g_{21}(0)}{g_{22}(0)}$$

Control de cargas en las palas

Control de Pitch Individual

Azimuth offset (ψo)



Reverse MBC transform

$$T^{-1} = \begin{bmatrix} \cos(\psi_1 + \psi_o) & \sin(\psi_1 + \psi_o) \\ \cos(\psi_2 + \psi_o) & \sin(\psi_2 + \psi_o) \\ \cos(\psi_3 + \psi_o) & \sin(\psi_3 + \psi_o) \end{bmatrix}$$

applied sciences

MDPI

Article

Analysis of Adaptive Individual Pitch Control Schemes for Blade Fatigue Load Reduction on a 15 MW Wind Turbine

Manuel Lara [1], Sebastiaan Paul Mulders [2], Jan-Willem van Wingerden [2], Francisco Vázquez [1] and Juan Garrido [1,*]

IFAC 2023 YOKOHAMA



Control de cargas en las palas

Control de Pitch Individual

Ocean Engineering 334 (2025) 121608

Contents lists available at ScienceDirect

Ocean Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/oceaneng

Research paper

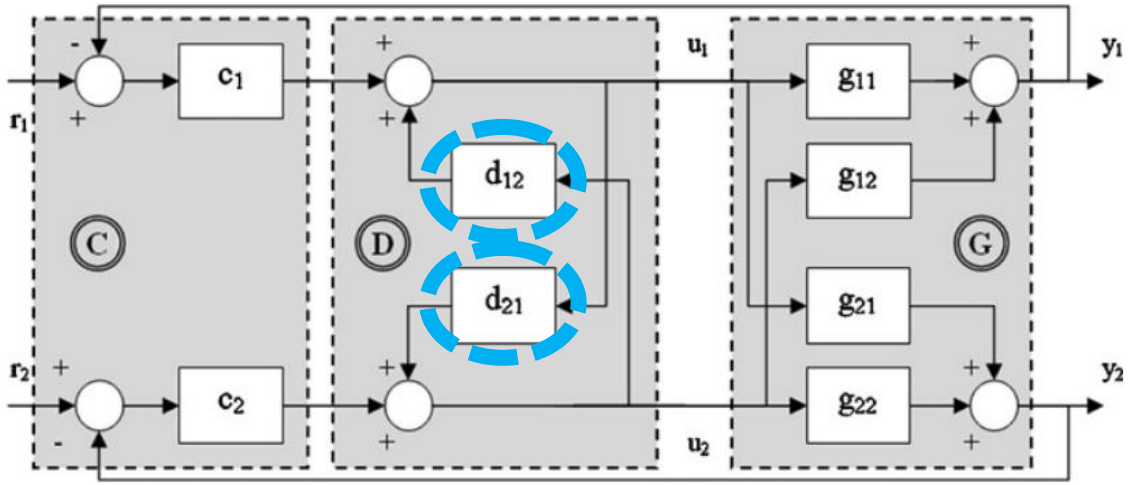
Individual pitch controller with static inverted decoupling for periodic blade load reduction on monopile offshore wind turbines

Manuel Lara [a,*], Mario L. Ruz [b], Sebastiaan Paul Mulders [c], Francisco Vázquez [a], Juan Garrido [a]



J3C 2025
IFAC Joint Conference on Computers, Cognition and Communication
15th-18th September 2025 @ Padova, Italy

Static inverted decoupling

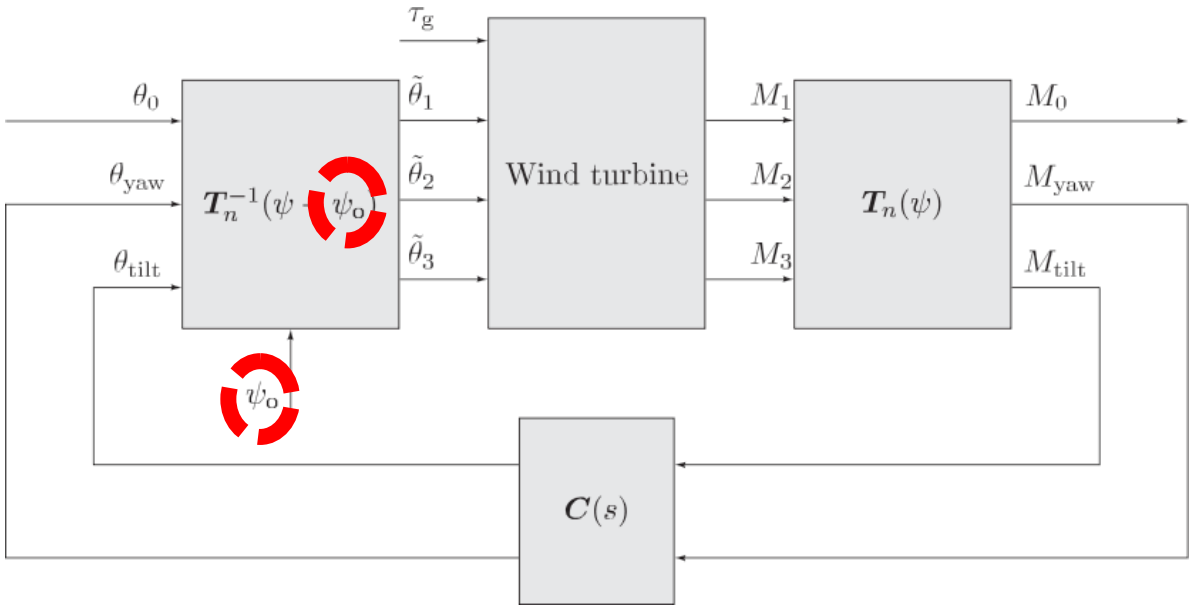


$$d_{12}(0) = -\frac{g_{12}(0)}{g_{11}(0)} \qquad d_{21}(0) = -\frac{g_{21}(0)}{g_{22}(0)}$$

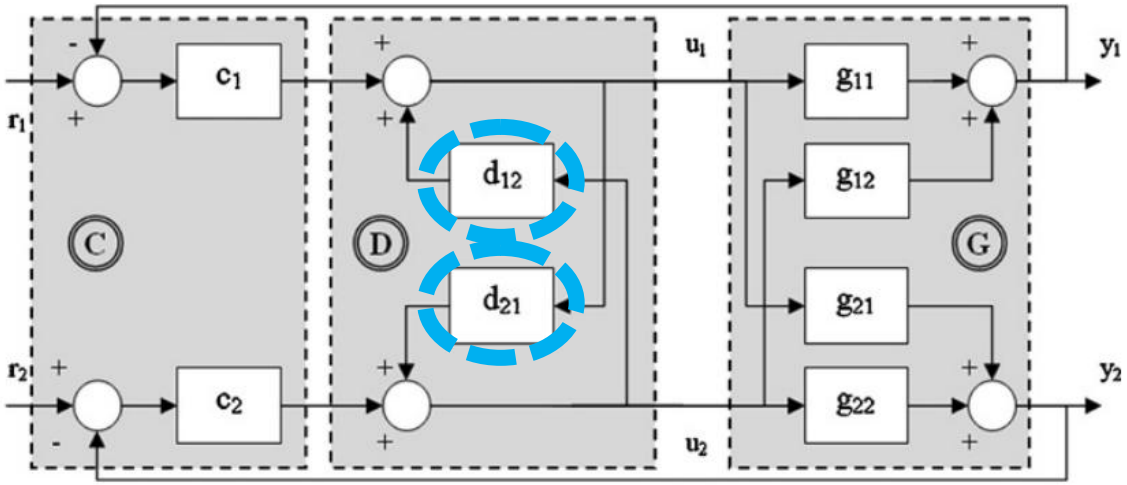
Control de cargas en las palas

Control de Pitch Individual

Azimuth offset (ψo)



Static inverted decoupling



Reverse MBC transform

$$\boldsymbol{T}^{-1} = \begin{bmatrix} \cos(\psi_1 + \psi_o) & \sin(\psi_1 + \psi_o) \\ \cos(\psi_2 + \psi_o) & \sin(\psi_2 + \psi_o) \\ \cos(\psi_3 + \psi_o) & \sin(\psi_3 + \psi_o) \end{bmatrix}$$

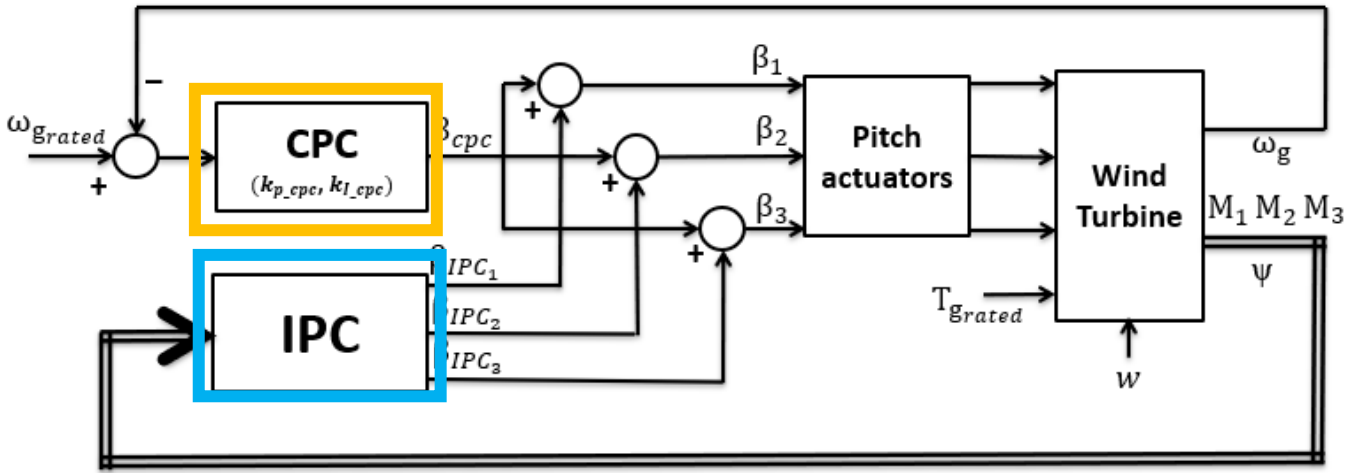
$$d_{12}(0) = -\frac{g_{12}(0)}{g_{11}(0)} \qquad d_{21}(0) = -\frac{g_{21}(0)}{g_{22}(0)}$$

Control de cargas en las palas

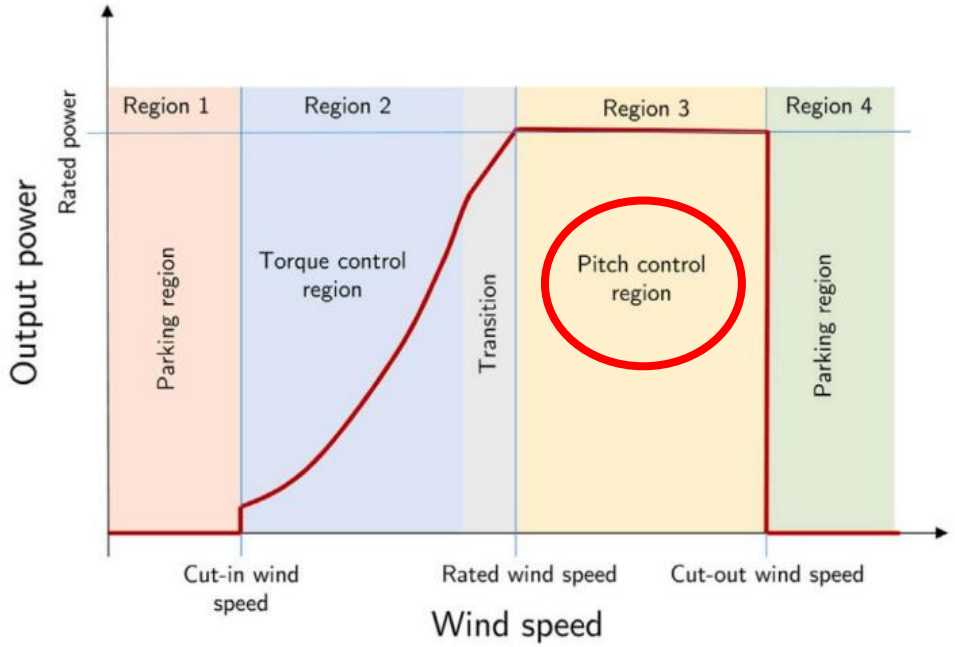
Control de Pitch Individual

Collective Pitch Control (CPC) → Power and rotor speed regulation

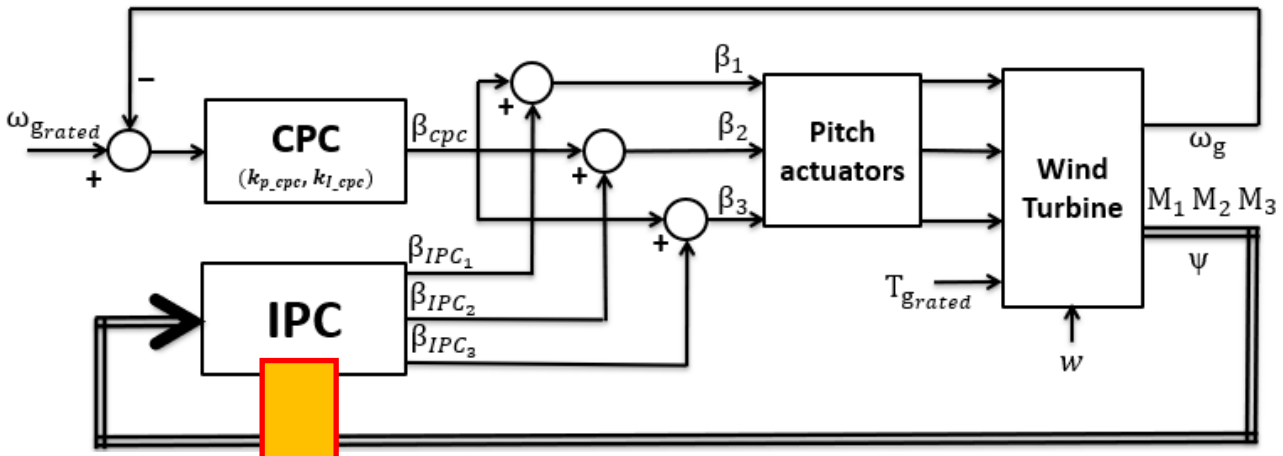
Individual pitch control (IPC) → Mitigation of blade loads



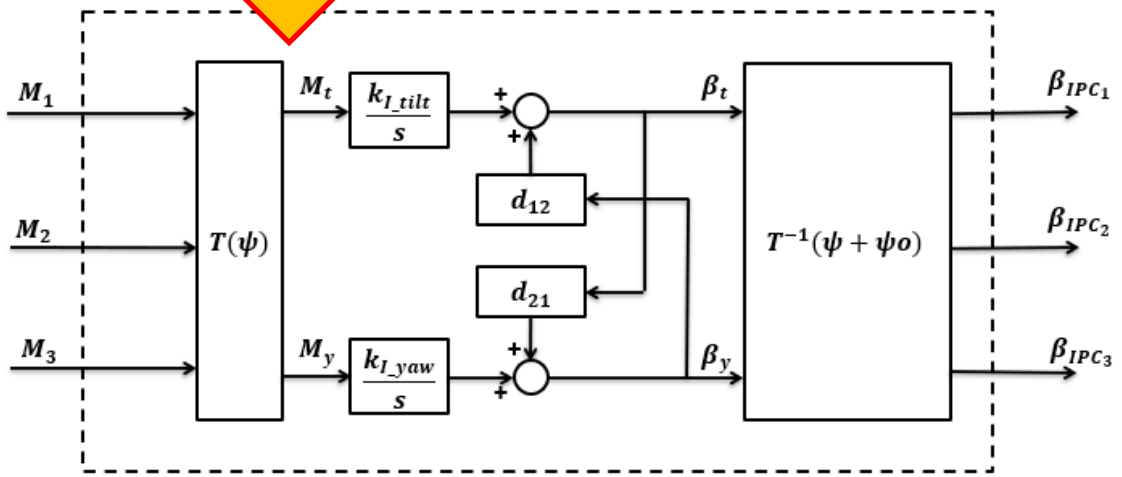
IPC+CPC control system scheme for the full load region.



Control de cargas en las palas

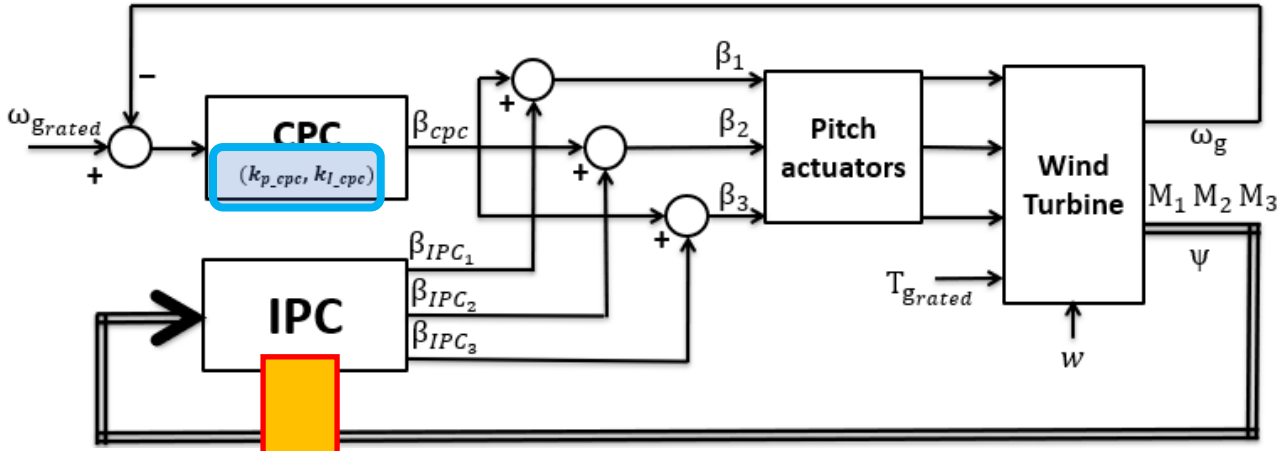


Global IPC+CPC control system

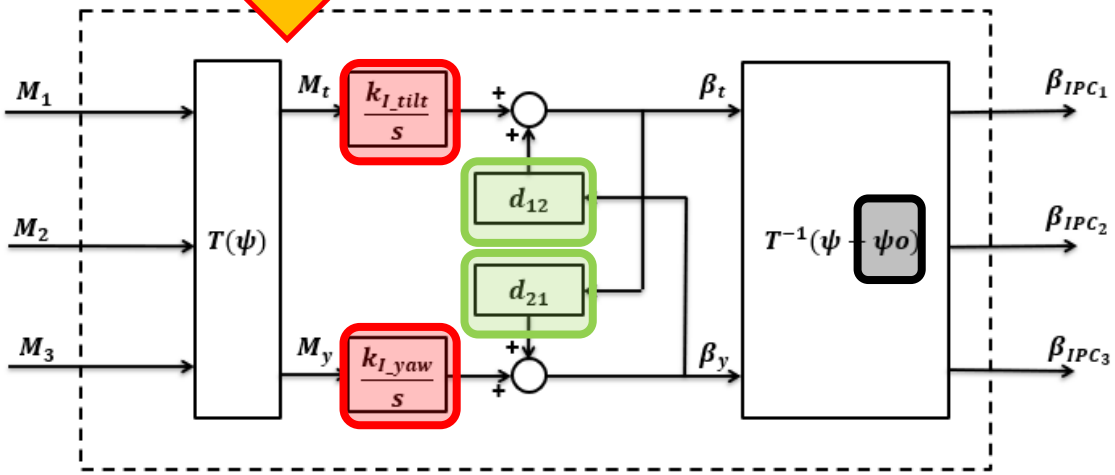


1P IPC scheme with option of static inverted decoupling or azimuth offset.

Control de cargas en las palas



Global IPC+CPC control system



Simplifications

$k_{i\_IPC} = k_{I\_tilt} = k_{I\_yaw}$

$d_o = d_{12} = -d_{21}$

Control schemes evaluated

ROSCO-IPC ($\psi_o = 0^o$, $d_o = 0$) → k_{i_IPC}

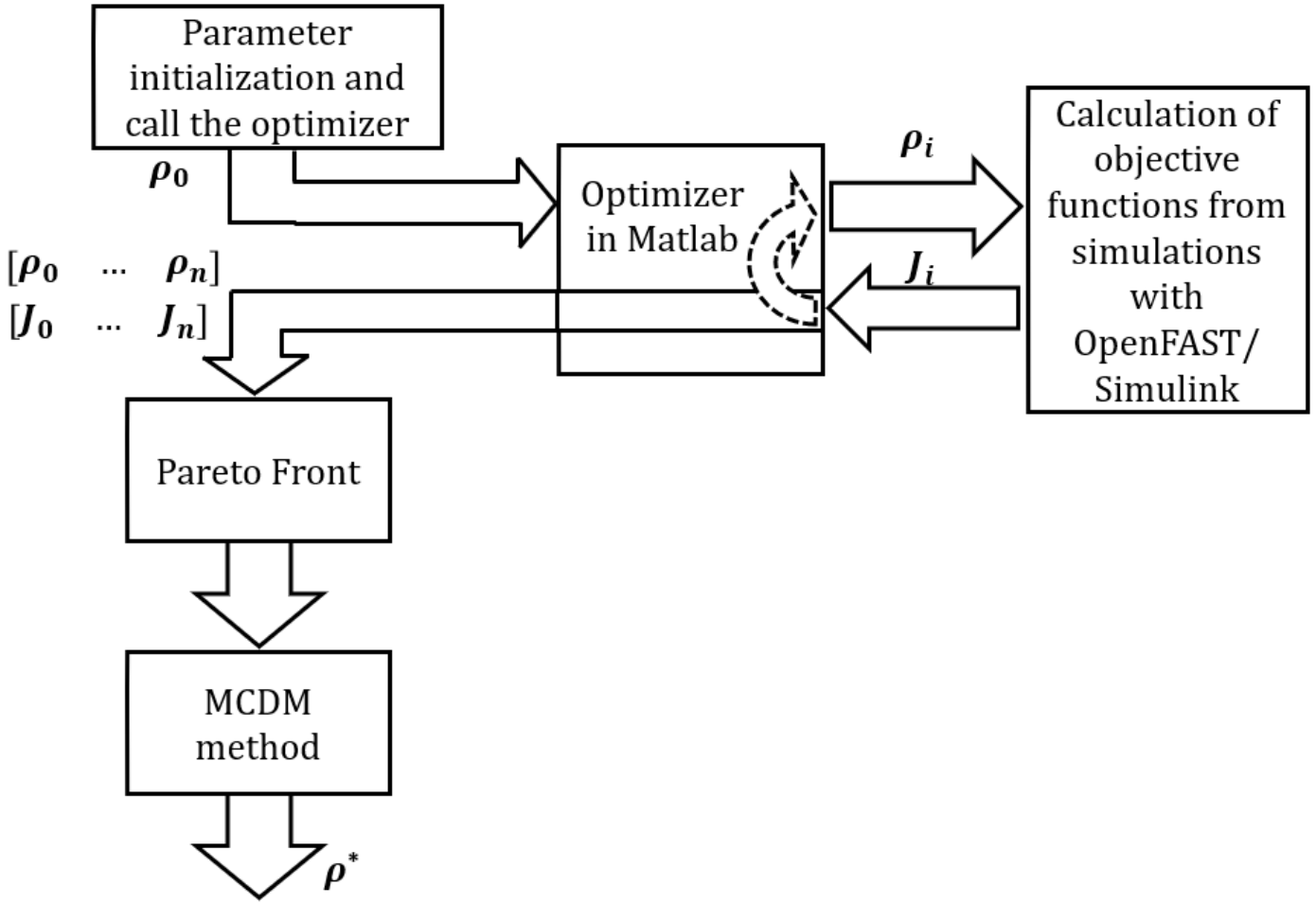
CPC-IPC ($\psi_o = 0^o$, $d_o = 0$) → k_{p_cpc}, k_{i_cpc}, k_{i_IPC}

CPC-IPC-Azi ($\psi_o \neq 0^o$, $d_o = 0$) → k_{p_cpc}, k_{i_cpc}, k_{i_IPC}, ψ_o

CPC-IPC-D ($\psi_o = 0^o$, $d_o \neq 0$) → k_{p_cpc}, k_{i_cpc}, k_{i_IPC}, d_o

1P IPC scheme with option of static inverted decoupling or azimuth offset.

Control de cargas en las palas



Multi-objective optimization procedure

$$J = [DEL(M) \quad ISE(P_g)]$$

Damage Equivalent Load
$DEL(M)$

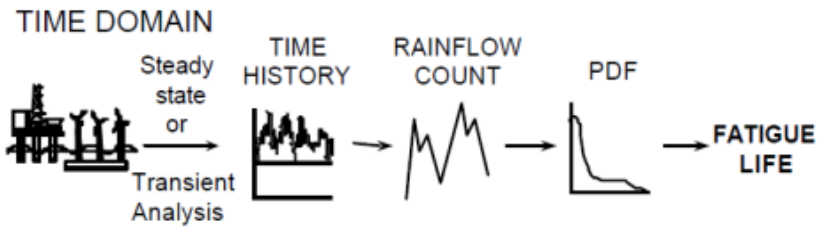


Figure 3.4: Typical time domain fatigue life estimation process [24]

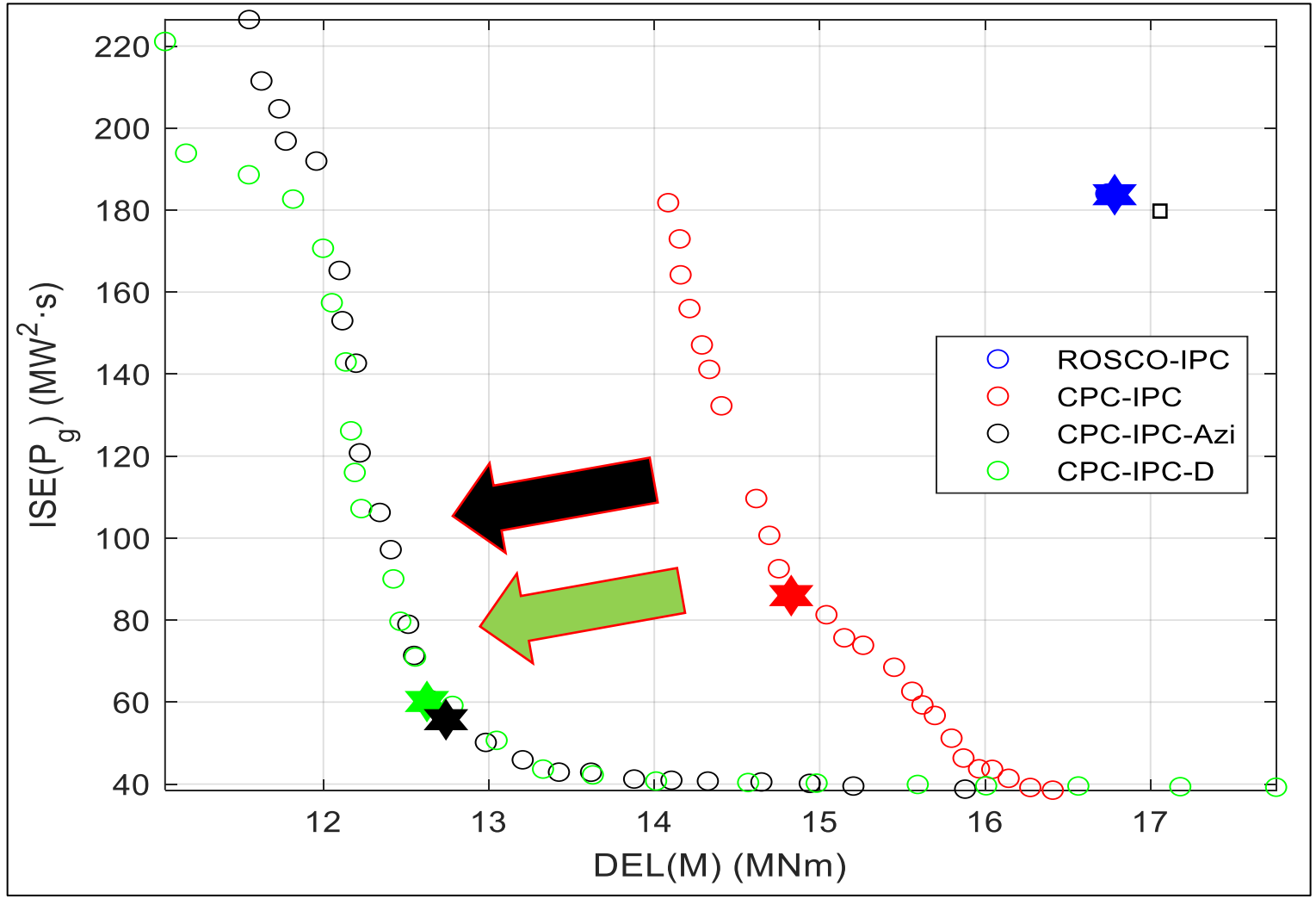
$$\mathrm{ISE}(P_g) = \int \left(P_{g,rated} - P_g(t)\right)^2 dt$$

Control de cargas en las palas

Wind conditions

Wind speed =22 m/s

Kaimal turbulence=10%



Pareto fronts (ISE(P_g) vs DEL(M)) for the differents CPC+IPC

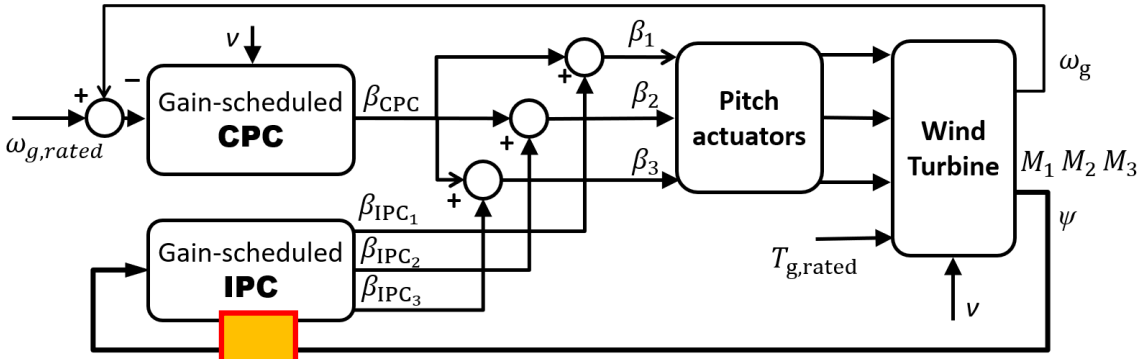
AVERAGE PERFORMANCE METRICS FOR OPTIMIZED CPC-IPC SCHEMES

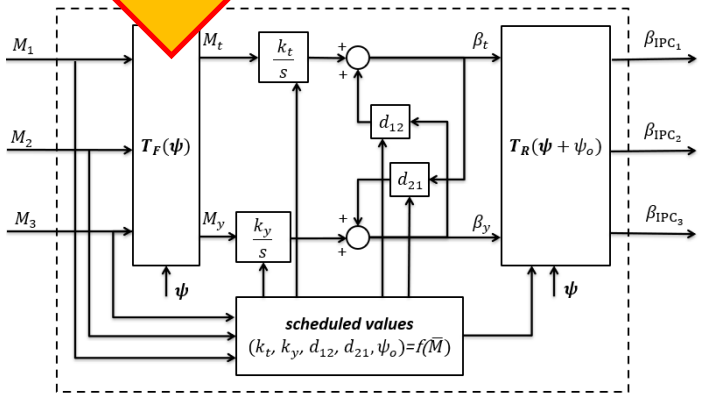
Controller	$\overline{\mathrm{DEL}}(M)$ (MN·m)	$\overline{\mathrm{ISE}}(P_g)$ (MW^2·s)	$\overline{\mathrm{NAT}}(\beta)$ (%)
ROSCO- IPC	17.9 (100%)	403.7 (100%)	50.0
CPC-IPC	16.4 (91.8%)	232.4 (57.6%)	51.9
CPC-IPC-Azi	14.6 (81.5%)	151.8 (37.6%)	52.1
CPC-IPC-D	14.5 (80.9%)	163.1 (40.4%)	52.0

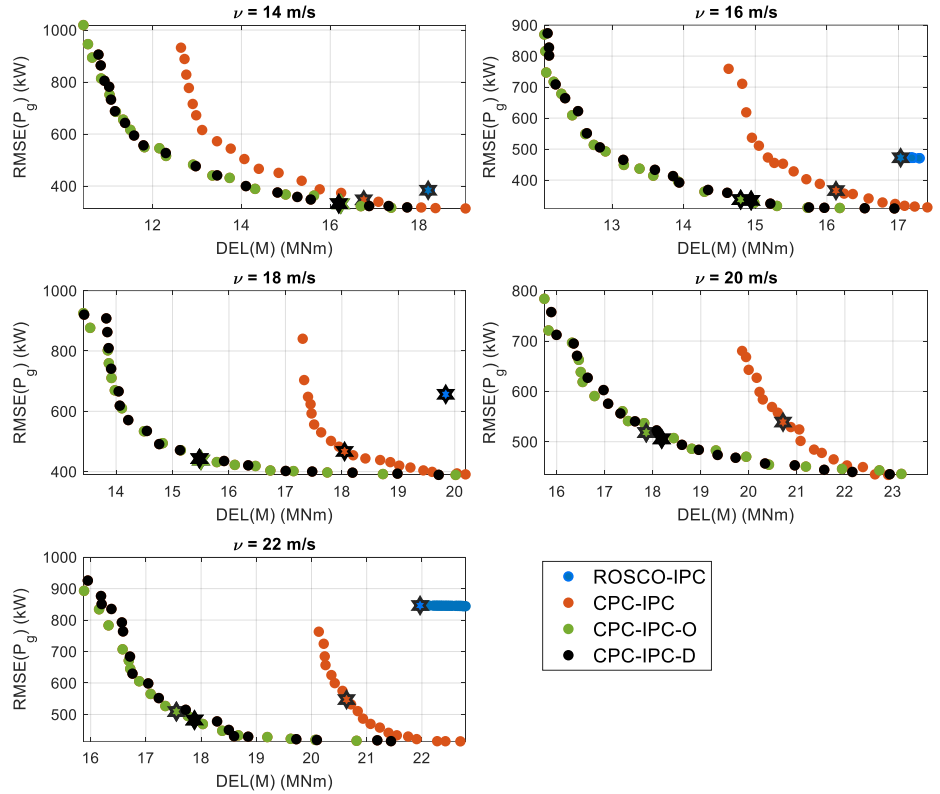
Control de cargas en las palas

5 operating points: 14–22 m/s

Advanced CPC–IPC → simultaneous improvement in power regulation and blade DEL







$$J = [DEL(M)\ RMSE(P_g)]$$

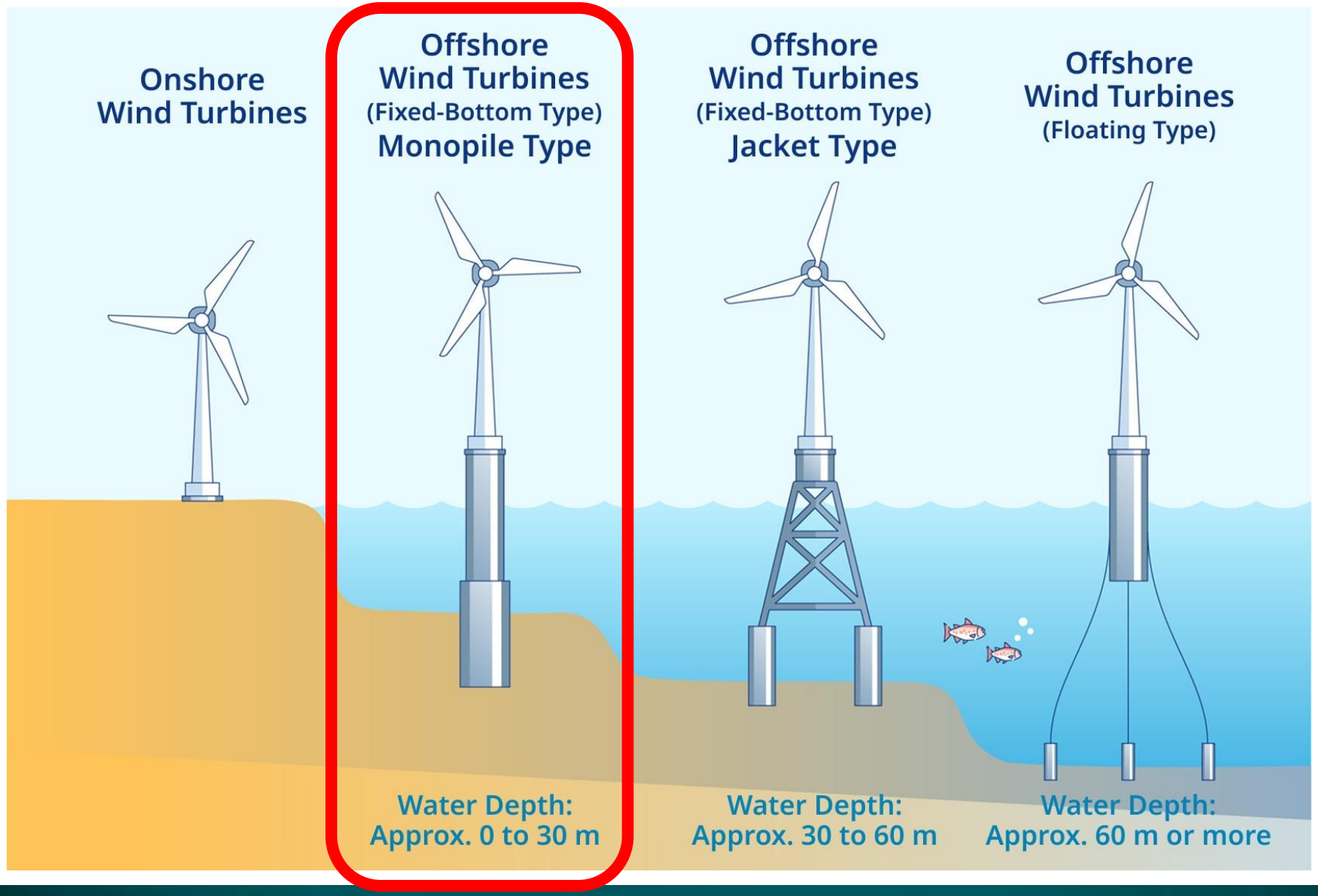
$$\mathrm{RMSE}(P_g) = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T \left(P_{\mathrm{g,rated}} - P_{\mathrm{g}}(t)\right)^2 dt}$$



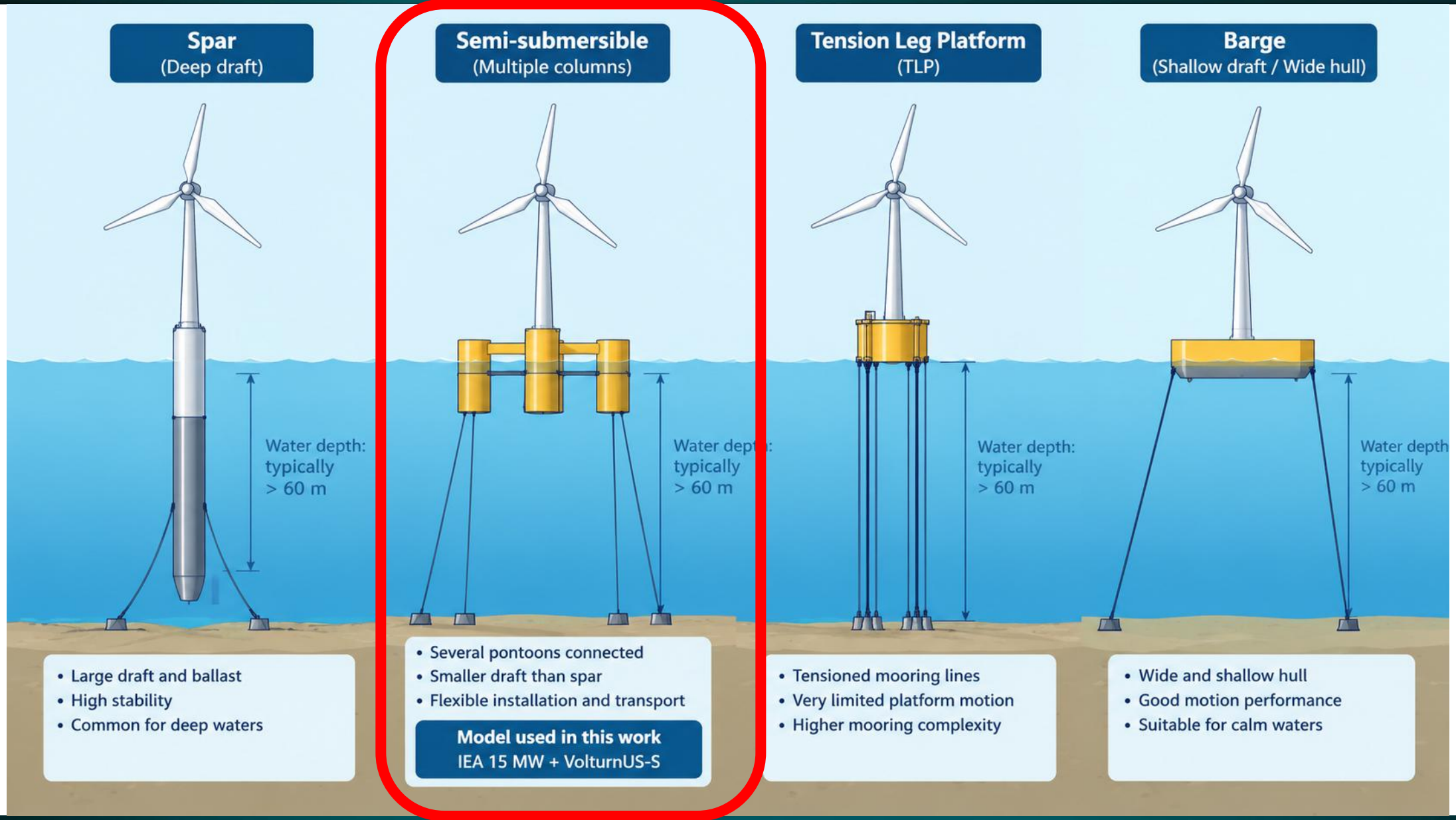
Control del movimiento de plataformas flotantes

TU Delft

Control del movimiento de plataformas flotantes



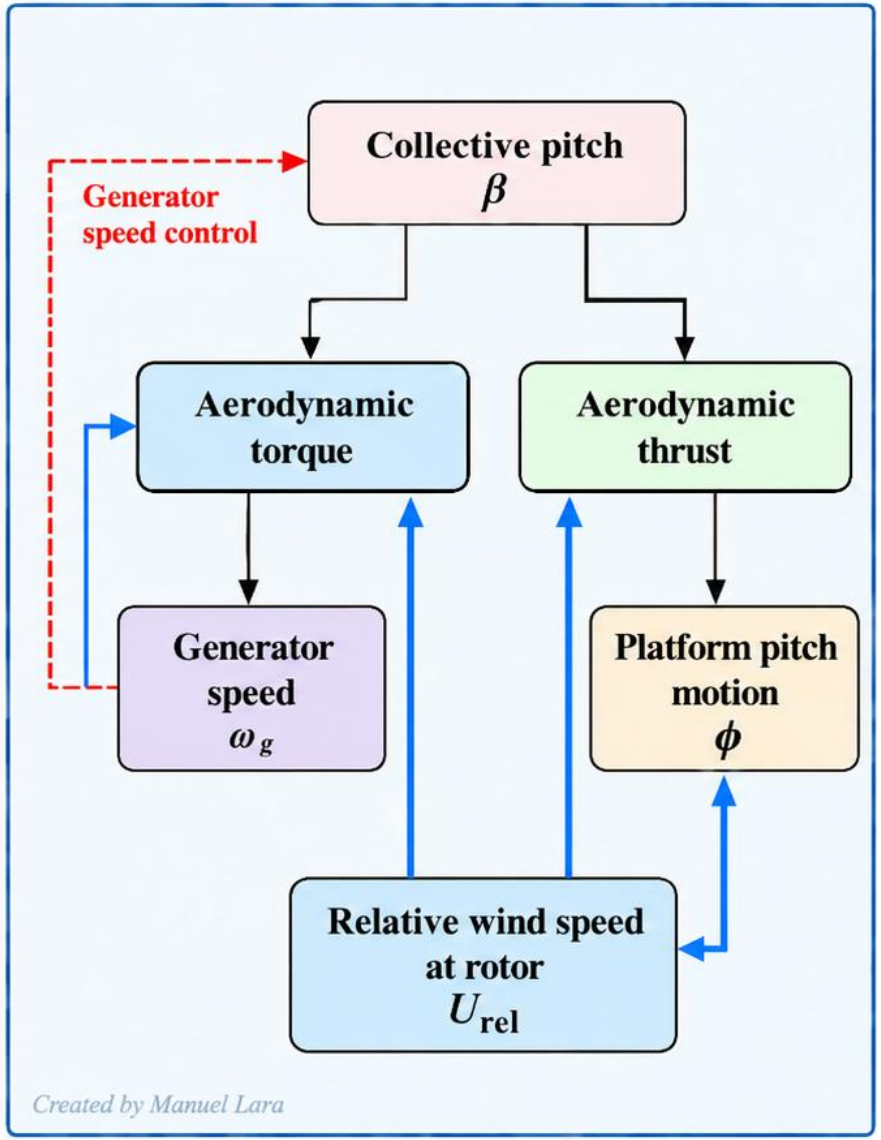
Control del movimiento de plataformas flotantes

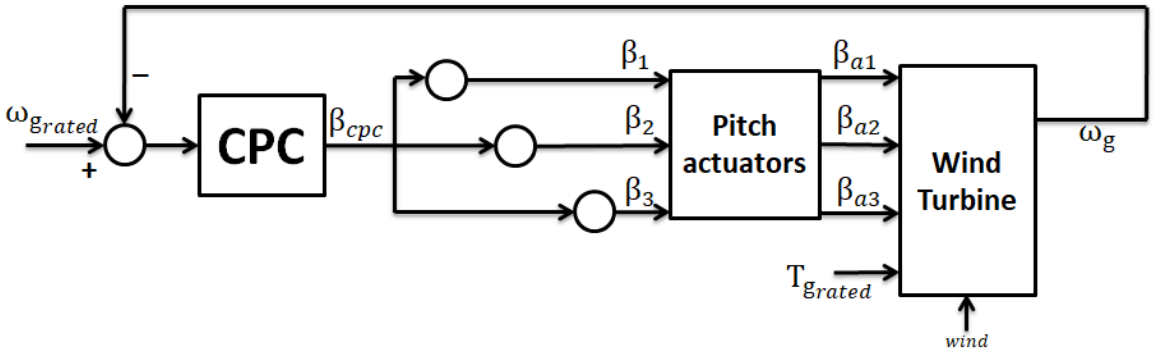


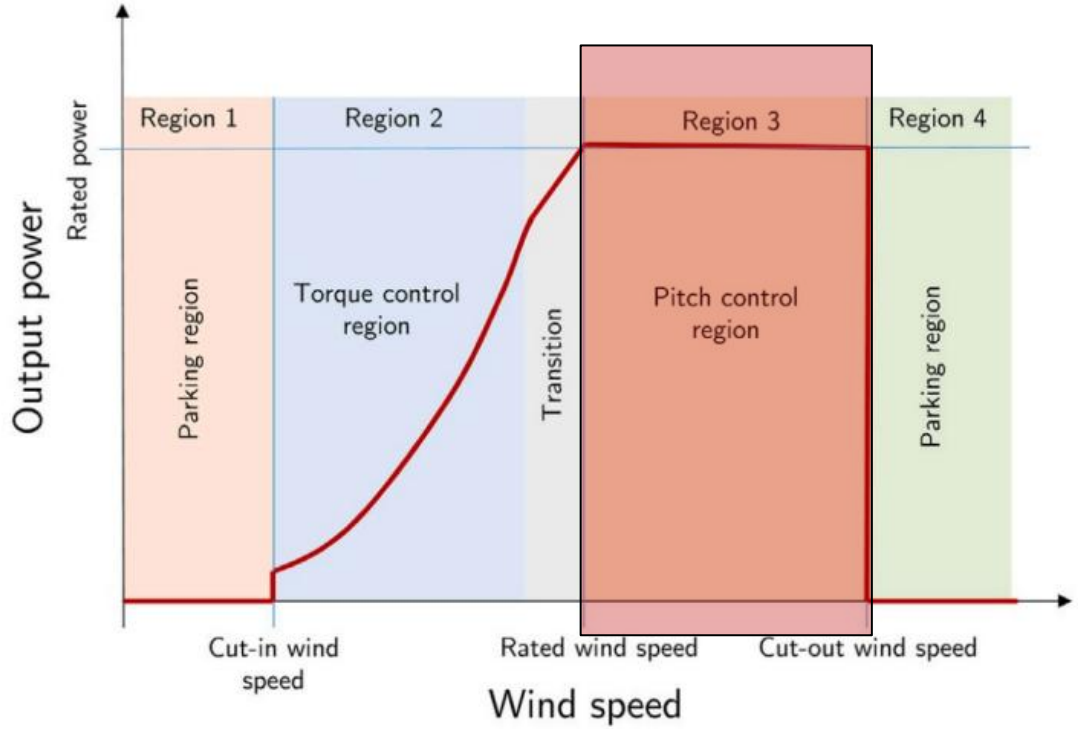
Control del movimiento de plataformas flotantes



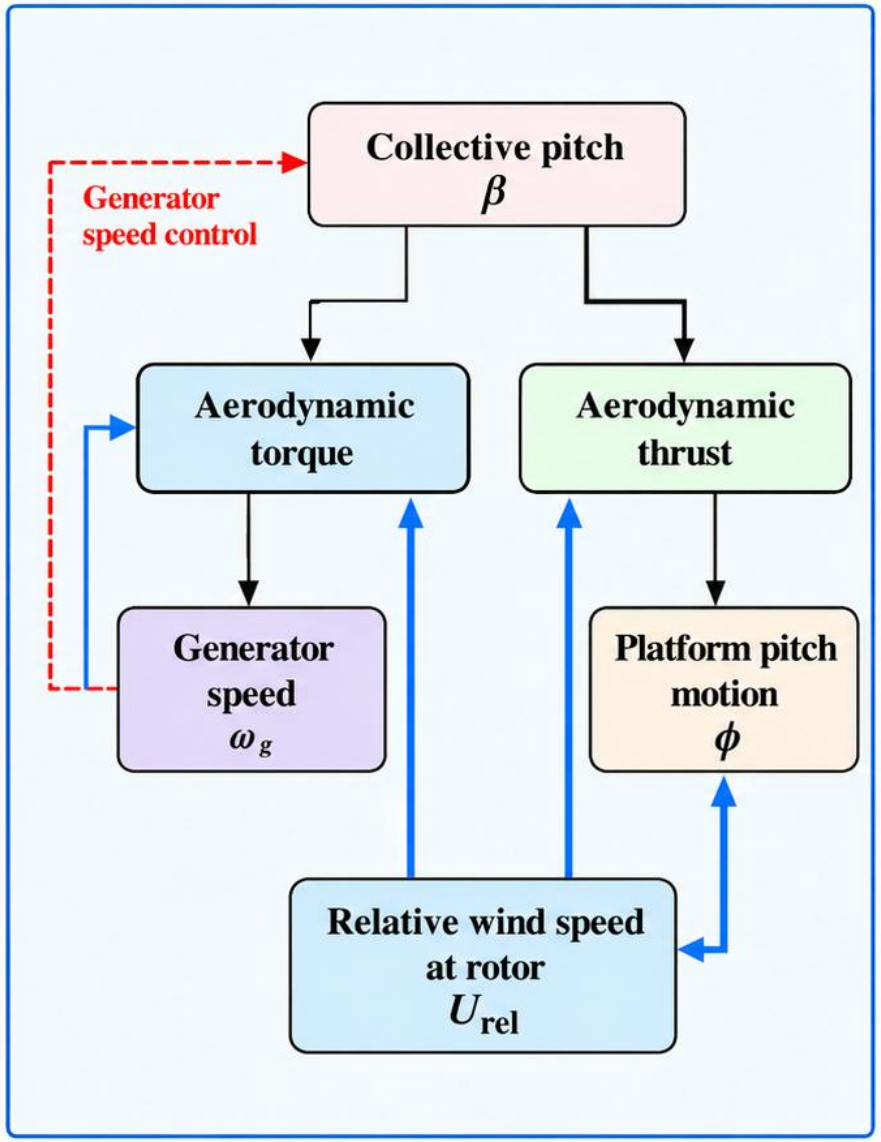
Control del movimiento de plataformas flotantes

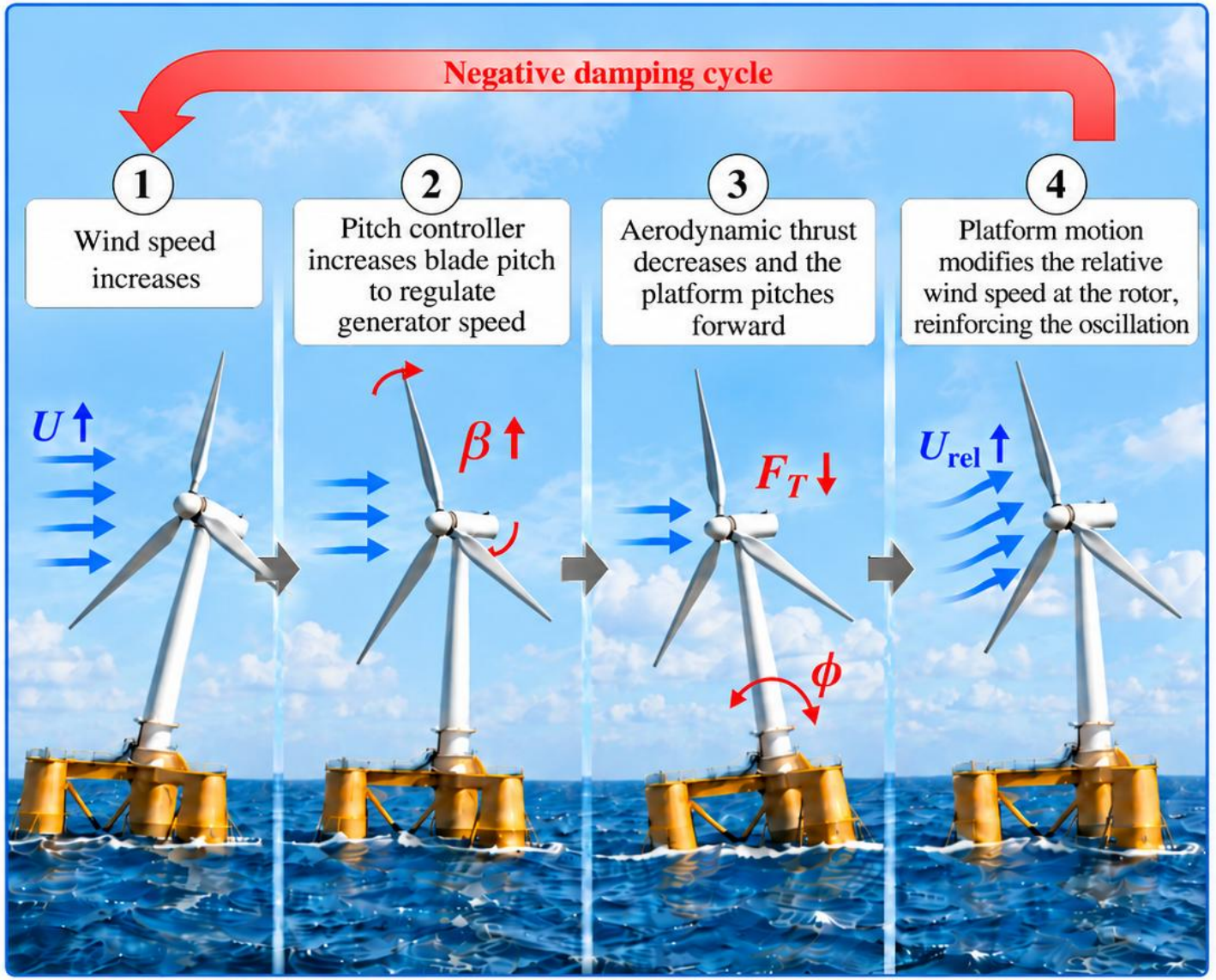






Control del movimiento de plataformas flotantes





Control del movimiento de plataformas flotantes

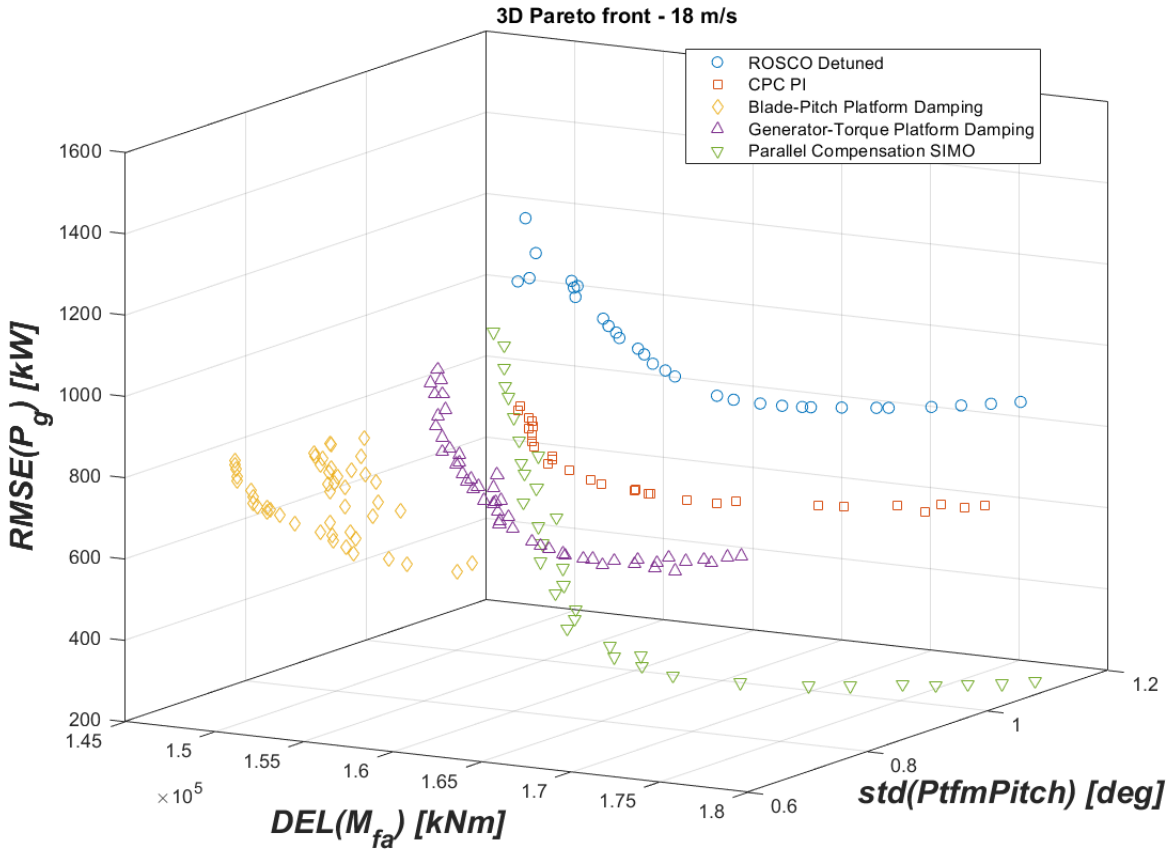
$$J(x) = \left[RMSE(P_g) \quad std(PtfmPitch) \quad DEL(M_{fa}) \right]$$

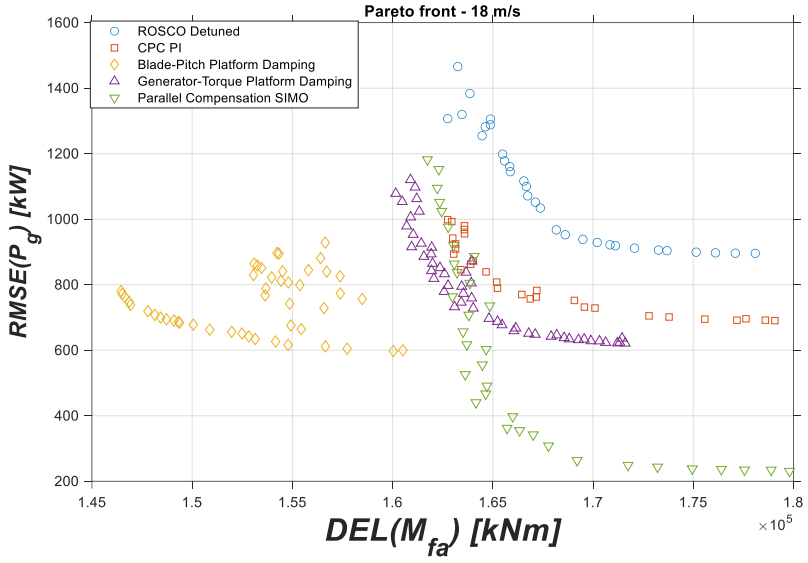
Power regulation — Platform motion — Structural loads

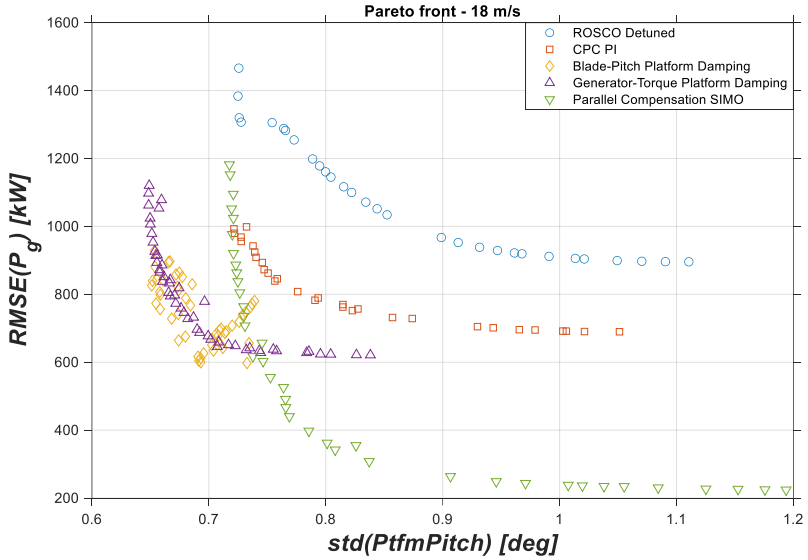
Case	Architecture	Primary feedback signal	Additional compensation
Detuned baseline	ROSCO detuned	ω_g	Detuning of pitch controller bandwidth
CPC PI	Conventional CPC PI	ω_g	—
Blade-pitch platform damping	CPC PI + pitch platform feedback	ω_g	Platform motion feedback to β
Generator-torque platform damping	CPC PI + torque platform damping	P_g	Platform motion feedback to T_g
Parallel compensation SIMO	CPC PI + parallel torque compensation	ω_g	ω_g-based compensation to T_g

Control del movimiento de plataformas flotantes

$$RMSE(P_g) \quad std(PtfmPitch) \quad DEL(M_{fa})$$







Control del movimiento de plataformas flotantes

Wind speed	Controller	$RMSE(P_g)$ [% Detuned]	$DEL(M_{fa})$ [% Detuned]	$std(PtfmPitch)$ [% Detuned]
Case 1	Detuned	100.00	100.00	100.00
	CPC PI	75.11	97.93	84.51
	Pitch Damping	46.05	89.44	89.62
	Torque Damping	59.26	96.86	74.36
	SIMO	43.98	100.19	94.35
Case 2	Detuned	100.00	100.00	100.00
	CPC PI	81.02	100.30	98.72
	Pitch Damping	69.95	88.54	81.98
	Torque Damping	72.92	96.77	79.21
	SIMO	45.07	100.87	103.16

No dominant architecture

Each strategy performs best for a different objective



SIMO

Best power regulation



Pitch damping

Best structural load mitigation



Torque damping

Best platform-motion reduction

Concurso en Ingeniería de Control 2023 (CIC2023)

Organiza el Grupo Temático de Ingeniería de Control de CEA

CONTROL DE UNA TURBINA EÓLICA DE GRAN POTENCIA



Dr. Juan Garrido Jurado
Manuel Lara Ortiz
Dr. Mario Luis Ruz Ruiz
Dr. Francisco Javier Vázquez Serrano

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Automática
Escuela Politécnica Superior de Córdoba
Universidad de Córdoba
Campus de Rabanales
14071 Córdoba

Formulario de inscripción en el CIC2023 aquí (fecha límite ampliada el 31 de marzo de 2023)

Enlaces para descargar la documentación del CIC2023 (última actualización 21 de enero de 2023):
- CIC2023 Bases.pdf: documento con las bases de la edición 2023 del concurso anual que el Grupo Temático de Ingeniería de Control de CEA propone a estudiantes de grado, máster y posgrado.
- CIC2023 Descripcion.pdf: documento con la descripción técnica del Concurso en Ingeniería de Control 2023. **(Nueva versión con error en anexo corregido)**

Concurso en Ingeniería de Control 2024 (CIC2024)

Organiza el Grupo Temático de Ingeniería de Control de CEA

CONTROL DE UNA TURBINA EÓLICA DE 15 MW



Dr. Juan Garrido Jurado
Dr. Manuel Lara Ortiz
Dr. Mario Luis Ruz Ruiz
Dr. Francisco Javier Vázquez Serrano

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Automática
Escuela Politécnica Superior de Córdoba
Universidad de Córdoba
Campus de Rabanales
14071 Córdoba

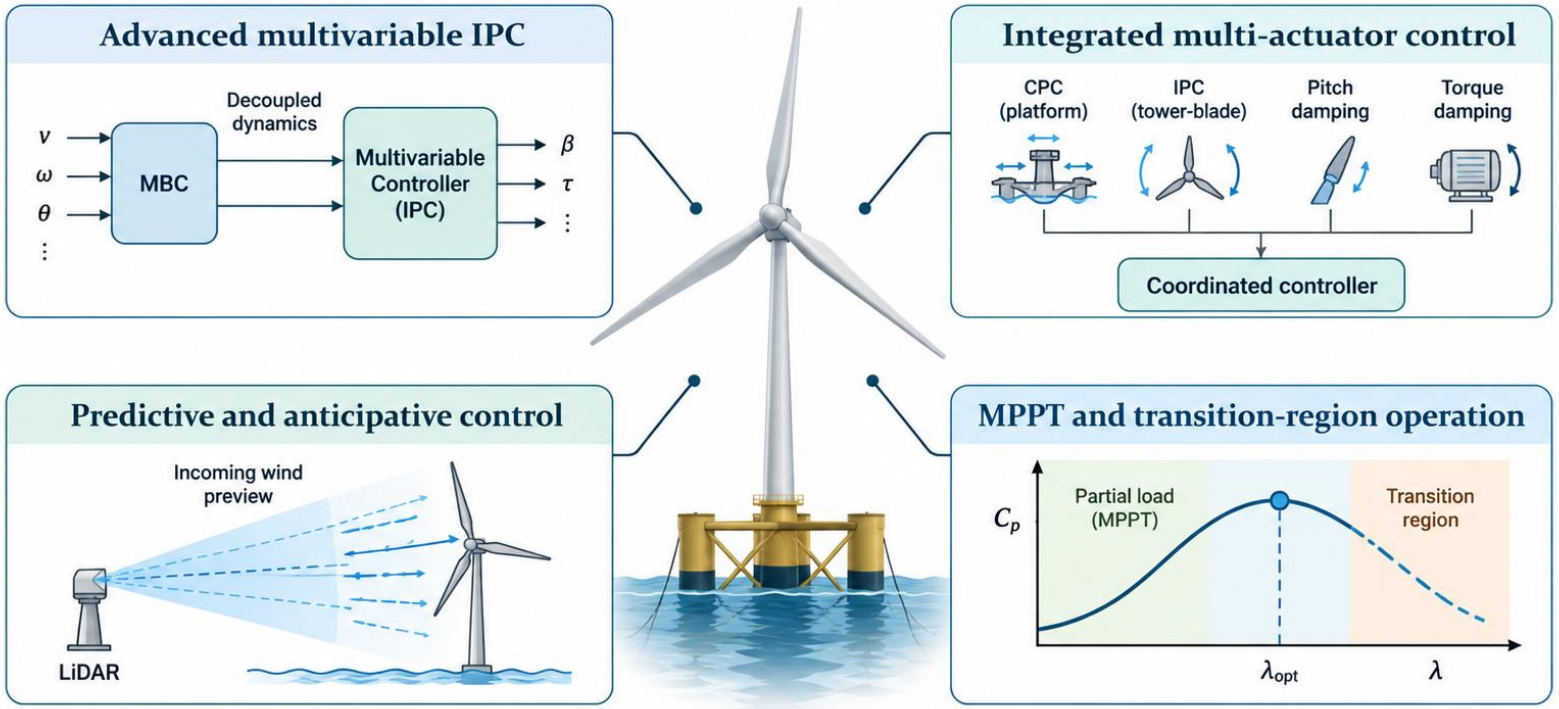
Formulario de inscripción en el CIC2024 aquí (fecha límite 4 de abril de 2024)

Enlaces para descargar la documentación del CIC2024:
- CIC2024_Bases.pdf: documento con las bases de la edición 2024 del concurso anual que el Grupo Temático de Ingeniería de Control de CEA propone a estudiantes de grado, máster y posgrado.
- CIC2024_Descripcion.pdf: documento con la descripción técnica del Concurso en Ingeniería de Control 2024.

$$R_1 = \mathrm{NRMSE}(\omega_g) = \frac{RMSE(\omega_g)}{0.5}$$
$$R_2 = \mathrm{NRMSE}(\mathrm{P}_g) = \frac{RMSE(\mathrm{P}_g)}{1}$$
$$R_3 = \mathrm{NRMS}(\dot{M}_{eje}) = \frac{RMS(\dot{M}_{eje})}{1}$$
$$R_4 = \mathrm{NARMS}(\dot{\beta}) = \frac{ARMS(\dot{\beta})}{2}$$
$$R_5 = \mathrm{NRMS}(\dot{M}_{f-a}) = \frac{RMS(\dot{M}_{f-a})}{80}$$
$$R_6 = \mathrm{NARMS}(\dot{M}_B) = \frac{ARMS(\dot{M}_B)}{8}$$

$$J(C_{PC}) = w_1 R_1 + w_2 R_2 + w_3 R_3 + w_4 R_4 + w_5 R_5 + w_6 R_6$$
$$w_1 + w_2 + w_3 + w_4 + w_5 + w_6 = 1$$

Concurso de Ingeniería de Control



Trabajos futuros

Trabajos futuros

- **Estudiar IPC multivariable más avanzado: del desacoplo estático al dinámico**

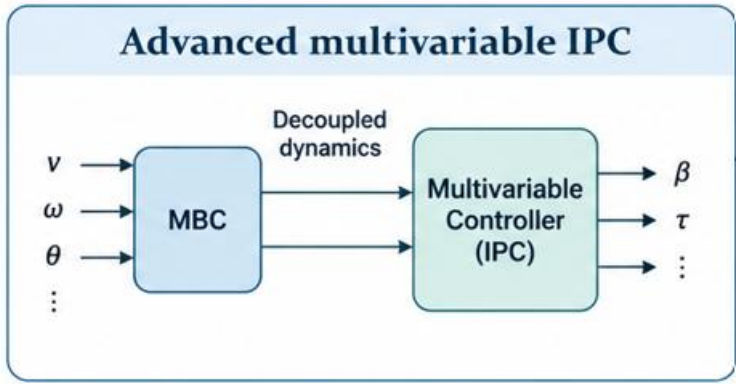
- Control integrado multi-actuador para turbinas flotantes
  (CPC + IPC + pitch damping + torque damping)

- Control predictivo y anticipativo en floating

- Extensión de las estrategias a la región MPPT y de transición

- Implementar estimadores de viento realista

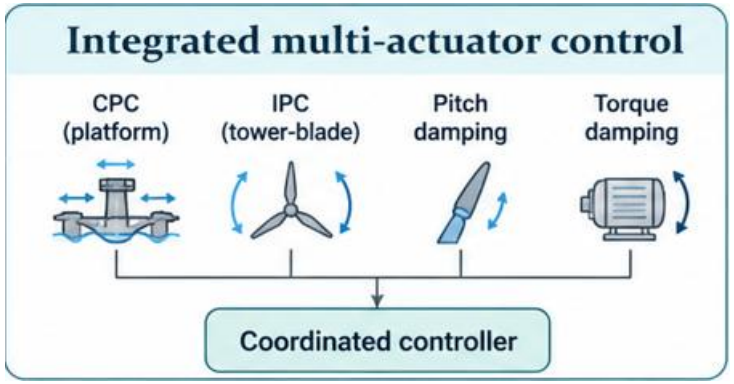
- Estudiar cómo acelerar las optimizaciones en MATLAB/Simulink



Trabajos futuros

- Estudiar IPC multivariable más avanzado: del desacoplo estático al dinámico

- **Control integrado multi-actuador para turbinas flotantes (CPC + IPC + pitch damping + torque damping)**



- Control predictivo y anticipativo en floating

- Extensión de las estrategias a la región MPPT y de transición

- Implementar estimadores de viento realista

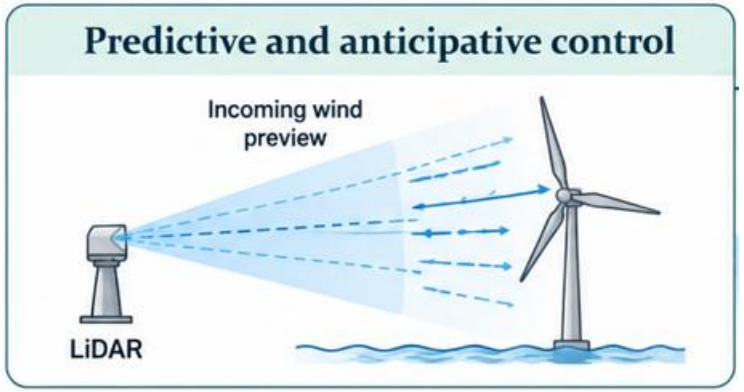
- Estudiar cómo acelerar las optimizaciones en MATLAB/Simulink

Trabajos futuros

- Estudiar IPC multivariable más avanzado: del desacoplo estático al dinámico

- Control integrado multi-actuador para turbinas flotantes
  (CPC + IPC + pitch damping + torque damping)

- **Control predictivo y anticipativo en floating**



- Extensión de las estrategias a la región MPPT y de transición

- Implementar estimadores de viento realista

- Estudiar cómo acelerar las optimizaciones en MATLAB/Simulink

Trabajos futuros

- Estudiar IPC multivariable más avanzado: del desacoplo estático al dinámico

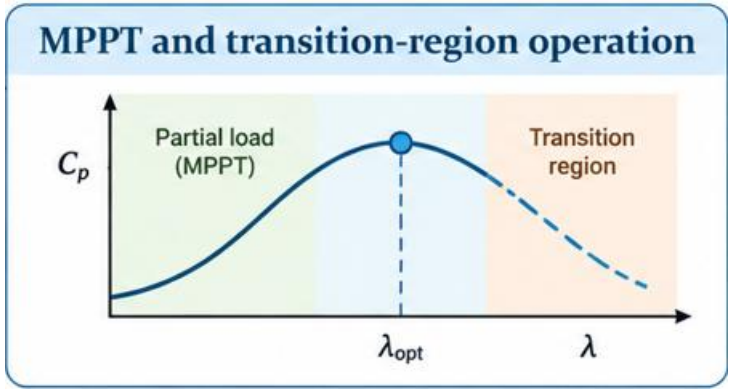
- Control integrado multi-actuador para turbinas flotantes
  (CPC + IPC + pitch damping + torque damping)

- Control predictivo y anticipativo en floating

- **Extensión de las estrategias a la región MPPT y de transición**

- Implementar estimadores de viento realista

- Estudiar cómo acelerar las optimizaciones en MATLAB/Simulink



Agradecimientos



Mario Ruz



Sebastiaan Mulders
(TU Delft)



Jan-Willem van Wingerden
(TU Delft)



Francisco Vázquez





Juan Garrido

Iñaki Sandúa
(CENER)



CENER (Pamplona)



IFAC (Japan) 2023







Postgrado
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid

Dr. Manuel Lara Ortiz
manuel.lara@uco.es

20 noviembre 2026

PID2023-149181OB-I00