

# Resultados del Benchmark 2009-10

## Grupo Temático de Ingeniería de Control

### Control de una caldera

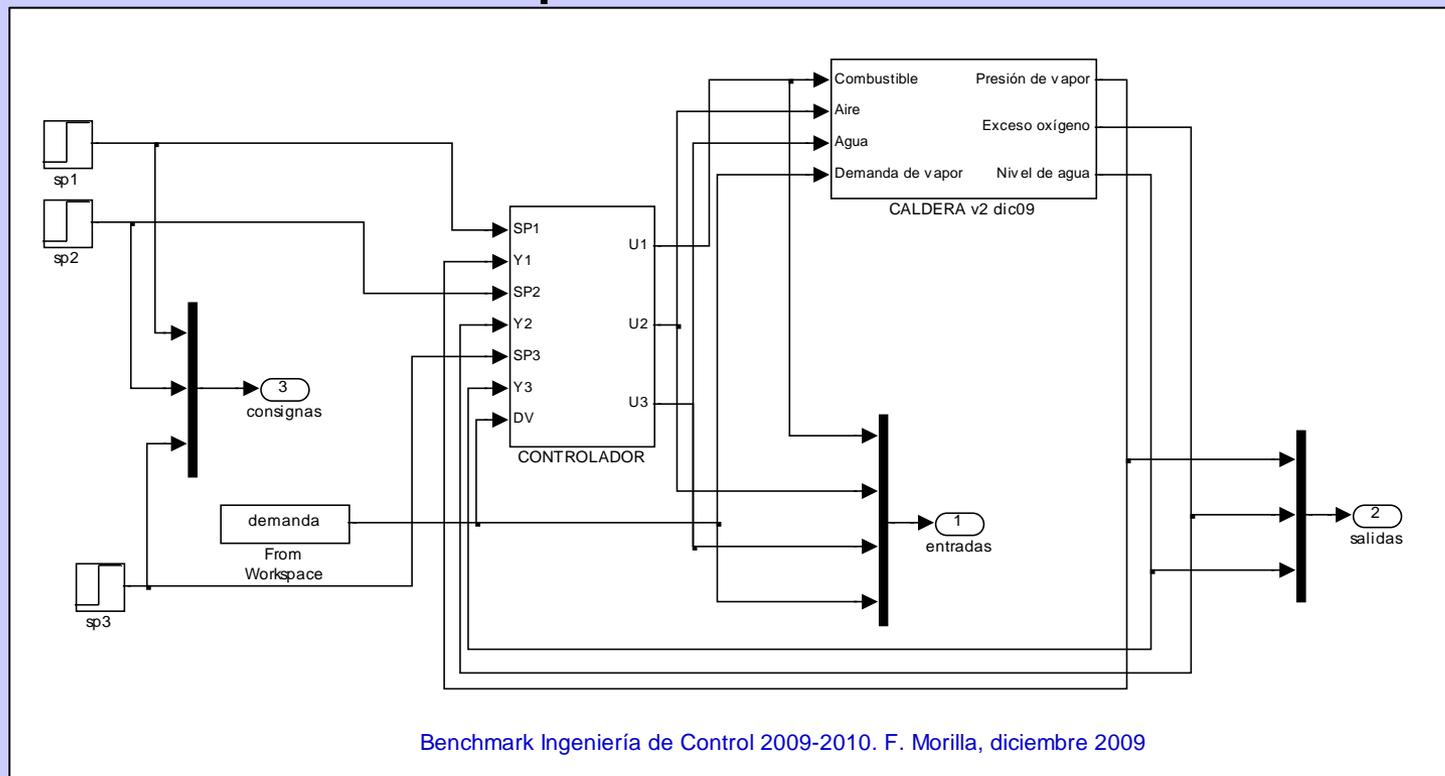


# Contenido

- **Resumen del “benchmark”**
- **Resumen de las propuestas recibidas**
  - Autores
  - Características de los controladores
- **Evaluación de las propuestas**
  - Pruebas seleccionadas
  - Resultados de las pruebas
  - Evaluación técnica
- **Decisión del jurado**
- **Futuro de este “benchmark”**

# Resumen del Benchmark 2009-10

- **Proceso industrial multivariable (caldera de vapor), operable con una estrategia de control descentralizado (3 controladores PI).**
- **Se pedía diseñar una estrategia de control que permitiera operar más eficientemente el proceso.**



# Resumen de las propuestas

- **Se han recibido cuatro controladores**

	Autor/es	Situación	Universidad	Tutores
C <sub>1</sub>	M. Garrido	Alumno de primer año del Máster “Automática, Robótica y Telemática”	Universidad de Sevilla	M. Ruiz M. G. Ortega
C <sub>2</sub>	J. M. Milla	Alumno de primer año del Máster “Automática, Robótica y Telemática”	Universidad de Sevilla	M. Ruiz M. G. Ortega
C <sub>3</sub>	I. Fernández C. Rodríguez	Alumnos del programa de doctorado	Universidad de Almería	J. L. Guzmán M. Berenguel
C <sub>4</sub>	GCPOH	Grupo de investigación de Control Predictivo y Optimización Heurística	Universidad Politécnica de Valencia	

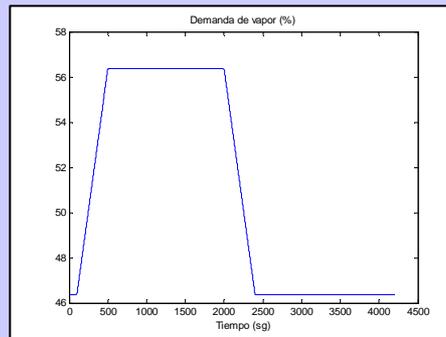
# Características de los controladores

	Tipo de estrategia	Base del controlador	Consideración de la interacción entre las entradas y las salidas	Control por prealimentación de la perturbación medible
$C_1$ y $C_2$	PID	Tres controladores PID digitales con filtro no lineal y limitación por rango de la señal de control		Tres bloques dinámicos continuos y tres ganancias, uno para cada entrada
$C_3$	GPC	Tres controladores GPC monovariantes con restricción por rango y limitación por velocidad de cambio para la señal de control	Atenuación parcial, con dos bloques dinámicos continuos y dos ganancias, de la interacción entre las entradas (caudal de combustible y caudal de agua) y la segunda salida (exceso de oxígeno)	Tres bloques dinámicos continuos y tres ganancias, uno para cada entrada
$C_4$	PID	Tres controladores PI digitales con filtro digital de primer orden y limitación por rango de la señal de control		Un bloque dinámico sobre la entrada 1 (caudal de combustible)

# Evaluación de las propuestas

## • Pruebas seleccionadas

- P1: Comportamiento durante 300 s en presencia de ruidos en las medidas y en la demanda de vapor
- P2: Comportamiento durante 1200 s debido a un cambio de punto de operación; de (60%,50%,50%) a (65%,70%,50%), a los 100 s
- P3: Comportamiento durante 4200 s para una demanda cambiante según el perfil:



- P4: Comportamiento durante 900 s para una variación en las características energéticas del combustible simulada como una perturbación brusca multiplicativa en el caudal de combustible, con cambio de 1 a 0.75 a los 100 s

# Resultados de las pruebas

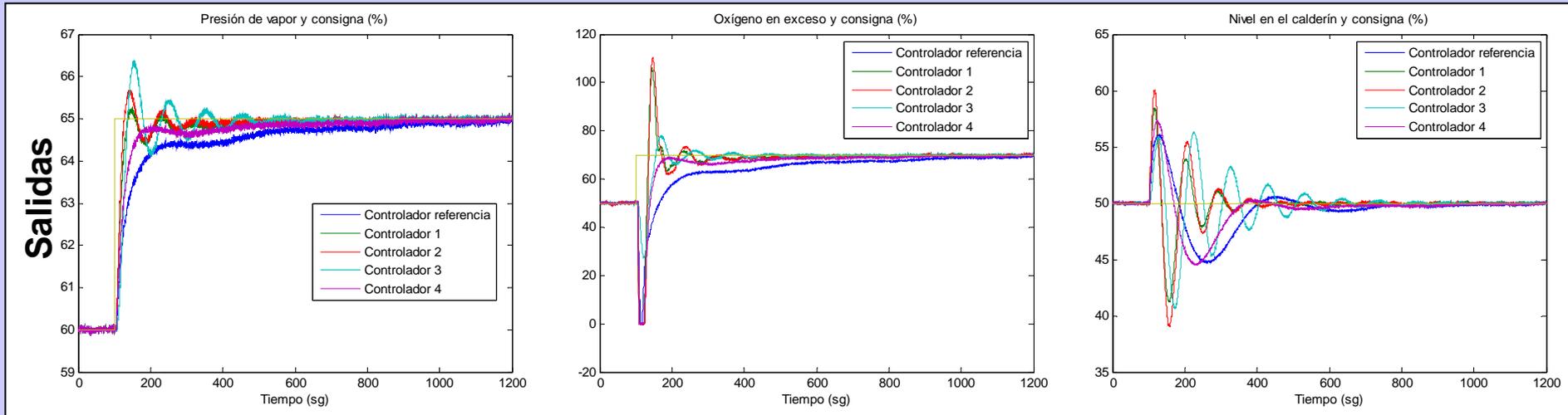
- Índices relativos por prueba y por controlador

	Controladores			
Pruebas	0.9510	1.0497	0.7337	1.0351
	0.5236	0.5995	0.6589	0.6726
	0.1603	0.1557	0.1811	0.6304
	0.6475	0.5664	0.7822	0.8085

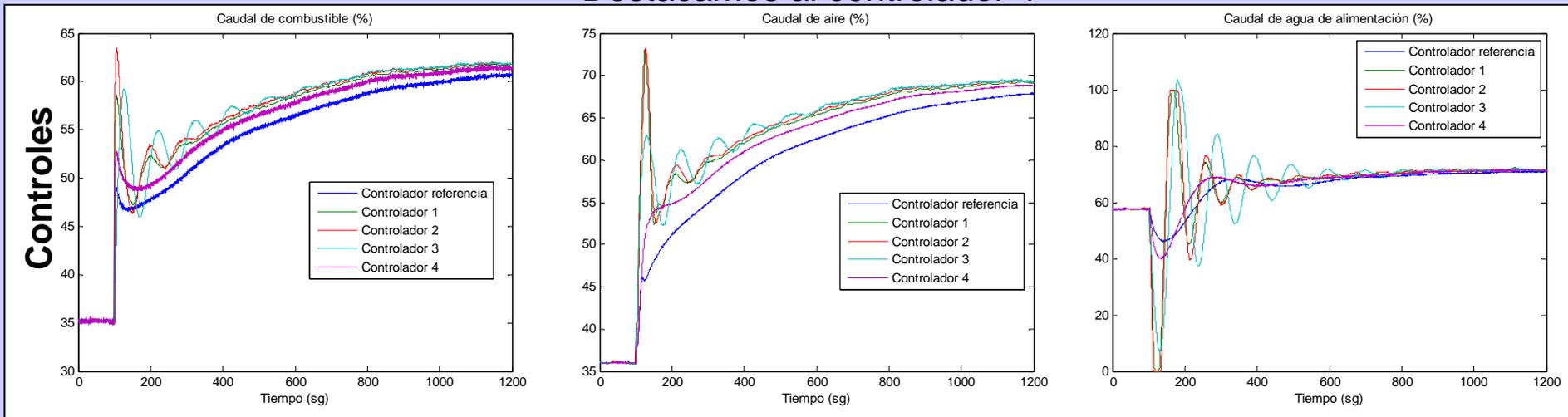
- Índice relativo final por controlador

(0.5706 0.5928 0.5890 0.7867)

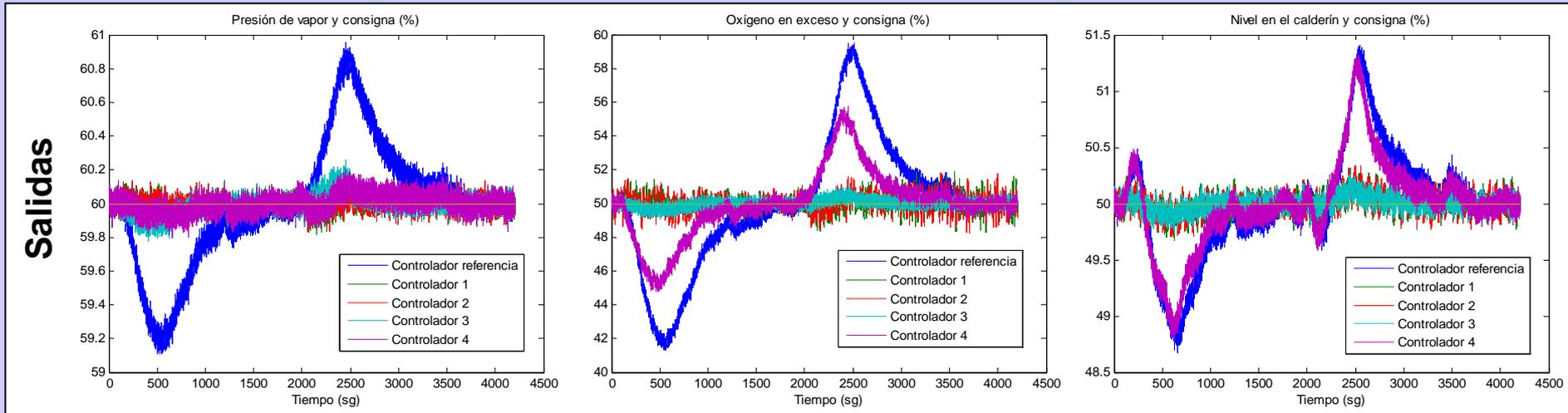
# Comportamientos en la prueba 2



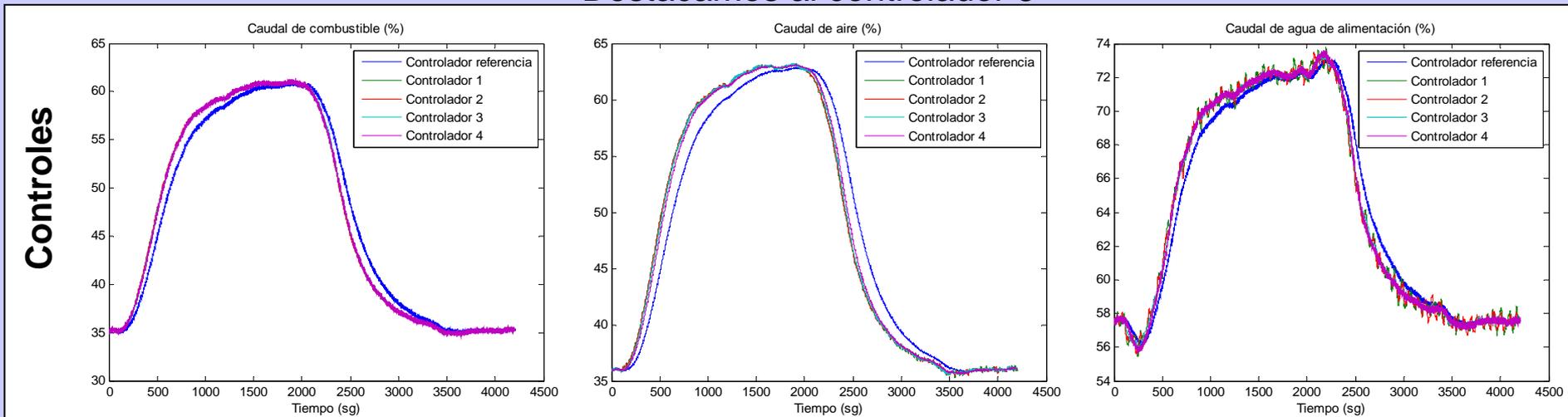
## Destacamos al controlador 4



# Comportamientos en la prueba 3



## Destacamos al controlador 3



# Resultados de las pruebas

- **Ganadores atendiendo otras consideraciones**

	Controladores			
Pruebas	0.9510	1.0497	<b>0.7337</b>	1.0351
	0.5236	0.5995	0.6589	<b>0.6726</b>
	0.1603	0.1557	<b>0.1811</b>	0.6304
	0.6475	0.5664	0.7822	<b>0.8085</b>

# Evaluación técnica

- Considerar a  $C_1$  y  $C_2$  como si fuera una única propuesta de dos autores
- A pesar de que existe una colaboración manifiesta entre las propuestas  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ , considerar a la propuesta  $C_3$  como diferente

Aspectos valorados	$C_{12}$	$C_3$	$C_4$
Base del controlador	0.8	0.7	0.7
Consideración de las interacciones	0	0.5	0
Consideración de la perturbación medible	0.6	0.5	0.4
Metodología de diseño	0.6	0.7	0.7
Documentación	0.7	0.9	0.8
Puntuación técnica final	0.54	0.66	0.52

# Decisión del jurado

- **Por el compromiso entre los resultados de la evaluación en simulación y de la evaluación técnica proclamar ganador a la propuesta  $C_3$**

Premio Benchmark 2009-10	Situación	Universidad	Tutores
I. Fernández C. Rodríguez	Alumnos del programa de doctorado	Universidad de Almería	J. L. Guzmán M. Berenguel

- **Segundo lugar para  $C_4$  presentado por el Grupo de investigación de Control Predictivo y Optimización Heurística de la Universidad Politécnica de Valencia**
- **Tercer lugar para  $C_{12}$  presentado por M. Garrido y J.M. Milla de la Universidad de Sevilla**

# Futuro de este “benchmark”

- **Se va a completar la documentación de la página web:** [http://www.dia.uned.es/~fmorilla/benchmark09\\_10/](http://www.dia.uned.es/~fmorilla/benchmark09_10/)
- **Se analizarán, fuera de concurso, tres trabajos con controladores predictivos realizados para el profesor A. Cipriano de Chile**
- **Se publicarán nuestros propios resultados en el marco del proyecto DPI 2007-62052**
- **Es posible que R. González lo reutilice en la convocatoria del premio de estudiantes de ISA**

# Agradecimientos

- A mis compañeros F. Vázquez y J. Garrido del proyecto DPI 2007-62052.
- A los profesores M.G. Ortega, M. Ruiz Arahál y F. Rodríguez Rubio de la Universidad de Sevilla.
- Al profesor P. Balaguer de la Universitat Jaume I.
- A F. Gordillo, Coordinador del Grupo de Ingeniería de Control de CEA, por la confianza depositada en este benchmark y por participar en la evaluación.
- A R. González de PETRONOR, por acercarme a la visión industrial del problema y por participar en la evaluación.
- A todos los concursantes, sin ellos este benchmark no hubiera tenido sentido.

¡Gracias!