



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
PIRHUA

# COMPARACIÓN ENTRE TÉCNICAS DE CONTROL PREDICTIVO NO LINEAL APLICADAS AL CONTROL DE UN GASIFICADOR

Martin Capcha-Presentacion

Piura, abril de 2017

FACULTAD DE INGENIERÍA

Máster en Ingeniería Mecánico-Eléctrica con Mención en Automática y  
Optimización

Capcha, M. (2017). *Comparación entre técnicas de control predictivo no lineal aplicadas al control de un gasificador* (Tesis de Máster en Ingeniería Mecánico-Eléctrica con Mención en Automática y Optimización). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Piura, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

## RESUMEN

En este trabajo tiene como meta principal el análisis y comparación en el desempeño de dos distintas técnicas de control predictivo no lineal. El primer controlador predictivo se basa en una serie de controladores predictivos lineales diseñados en base a modelos linealizados del sistema en determinados puntos de operación del sistema e interpolando linealmente sus respuestas, y es denominado GS-EPSAC. El segundo controlador es el reconocido controlador NEPSAC, el cual utiliza el modelo no lineal del sistema y un algoritmo iterativo para el cálculo de la señal de control. Para realizar una comparación apropiada de los controladores, se ha escogido como sistema de prueba un sistema gasificador, un sistema multivariable no lineal.

El trabajo inicia con el modelamiento del proceso. Debido a los dos distintos enfoques de los controladores predictivos, dos distintos tipos de modelamiento se llevan a cabo. El primero corresponde a modelos lineales identificados alrededor de puntos de operación específicos. Estos puntos de operación van a ser tres: un punto mínimo de referencia, al que se le da una denominación de carga al 0%, un punto intermedio, en el cual la carga pasa a ser 50%, y un punto máximo, denominado también operación al 100% de carga. El segundo modelamiento que se le hace al sistema corresponde a un modelo no lineal que cubra el comportamiento del sistema en todo el rango de operación basado en una combinación de la representación del sistema en espacio de estados y un arreglo de redes neuronales que va a mapear el estado actual del sistema con sus salidas. Ya que los controladores predictivos basan su funcionamiento en el modelo que representa al sistema, para una comparación más justa se decidió utilizar los mismos conjuntos de datos de la respuesta del sistema para la elaboración de ambos modelamientos.

Luego se diseña cada controlador, variando sus parámetros característicos tales como el horizonte de control y el horizonte de predicción. Después de distintas pruebas, se obtiene el conjunto de parámetros para el cual ambos controladores presentan su mejor respuesta. Finalmente, se comparan los controladores GS-EPSAC y NEPSAC en pruebas de control sobre el sistema que abarcan todo el rango de operación, tanto con cambios lentos en el punto de operación así como cambios más rápidos. Se observa entonces que ante cambios lentos en el punto de operación ambos controladores predictivos presentan un muy buen desempeño, sin embargo, es en cambios más exigentes sobre el punto de operación que el controlador GS-EPSAC presenta una mejor performance. Esto da pie a la conclusión que, para sistemas de suave no linealidad, la aproximación mediante un arreglo de controladores lineales es muy efectiva, y un modelamiento no lineal que incluye redes neuronales necesita de una mayor cantidad de data para un mejor modelado del sistema.



**U N I V E R S I D A D   D E   P I U R A**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**“Comparación entre técnicas de control predictivo no lineal aplicadas al control de un gasificador”**

Tesis para optar el Grado de Máster en  
Ingeniería Mecánico– Eléctrica con mención en Automática y Optimización

**Martin Alonso Capcha Presentacion**

Asesor:  
Dr. Ing. William Ipanaqué Alama

Piura, Abril 2017

## Índice

Prólogo .....	v
Resumen .....	vii
Índice .....	ix
Introducción.....	1
Capítulo 1 Fundamentos teóricos .....	5
1.1 Sistemas gasificadores .....	5
1.2 Control predictivo basado en modelo .....	7
1.2.1 Control auto-adaptativo de predicción extendida no lineal (NEPSAC).....	7
1.2.2 Aplicación de restricciones en la señal de control en un controlador predictivo .....	9
1.2.3 Control predictivo no lineal usando modelos locales del sistema.....	13
1.3 Identificación de sistemas .....	14
1.3.1 Identificación de sistemas basado en funciones de transferencia.....	14
1.3.2 Redes Neuronales Artificiales .....	16
Capítulo 2 Descripción del proceso.....	19
2.1 Gasificador ALSTOM .....	19
Capítulo 3 Identificación del sistema gasificador .....	23
3.1 Funcionamiento estacionario del gasificador ALSTOM .....	23
3.2 Identificación de modelos lineales del proceso .....	25
3.2.1 Identificación con una carga de 100% .....	26
3.2.2 Identificación con una carga de 50% .....	48
3.2.3 Identificación con una carga de 0% .....	69
3.3 Identificación del modelo no lineal del proceso .....	89
3.3.1 Identificación y validación de las redes neuronales .....	97
Capítulo 4 Diseño de controladores y aplicación en el proceso.....	105
4.1 Estrategia de control GS-EPSAC .....	105
4.1.1 Diseño del controlador predictivo GS-EPSAC .....	107

4.1.2	Comparación del controlador GS-EPSAC frente a otros controladores .....	118
4.2	Estrategia de control NEPSAC.....	124
4.2.1	Diseño del controlador predictivo NEPSAC.....	125
4.2.2	Comparación del controlador NEPSAC frente a otros controladores.....	134
Capítulo 5	Comparación entre técnicas de control predictivo no lineal GS-EPSAC y NEPSAC .....	141
5.1	Prueba escalonada de 0% a 100% .....	141
5.2	Pruebas de rápida variación de carga .....	144
5.2.1	Aumento de carga de 50% a 100% .....	144
5.2.2	Disminución de carga de 100% a 50%.....	146
5.2.3	Disminución de carga de 50% a 0%.....	146
5.2.4	Aumento de carga de 0% a 50% .....	149
Conclusiones	.....	153
Bibliografía.....	.....	155
ANEXO A	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR EPSAC USANDO EL MODELO IDENTIFICADO A UNA CARGA DE 100% .....	157
ANEXO B	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR NEPSAC.....	171
ANEXO C	CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN DE LA RED NEURONAL DEL MODELO NO LINEAL DEL GASIFICADOR ALSTOM.....	181