

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

TEMA:

Identificación y diseño del controlador para un sistema regulador de posición de una antena satelital.

SUSTENTACION DE LA TESINA DE SEMINARIO

Previo a la obtención del Título de:

- ✓ INGENIERO EN ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
- ✓ INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

INTEGRANTES

- ERICK FABRIZZIO HARO ZUMARRAGA
- LEONARDO ANTONIO RODRIGUEZ JIMENEZ

INTRODUCCION

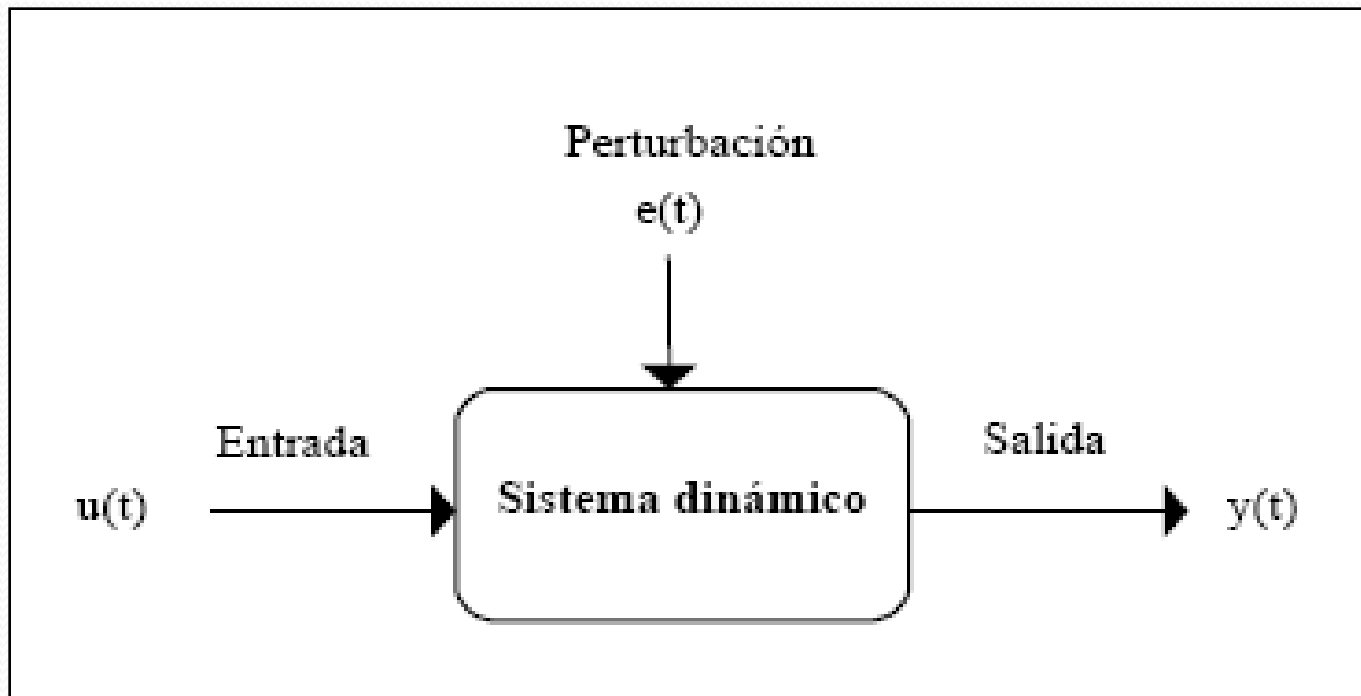
- La Identificación de Sistemas es un proceso poco conocido en nuestro medio, aunque su campo de aplicación es muy amplio.
- El presente trabajo se enfocará al estudio e investigación de la Introducción de la Identificación de Sistemas y los diversos métodos que abarca esta técnica.

OBJETIVOS

Entre los objetivos de nuestro proyecto tenemos los siguientes:

- ✓ Implementar un Prototipo que servirá para el Control de Posicionamiento de una Antena.
- ✓ Realizar las diferentes técnicas de Identificación de Sistemas al Prototipo diseñado.
- ✓ Desarrollar el diseño de un Controlador para mejorar el desempeño del Proceso.

MODELO DE UN SISTEMA



EL PROCESO DE IDENTIFICACION

Obtención de datos de entrada - salida.

- Para ello se debe excitar el sistema mediante la aplicación de una señal de entrada y registrar la evolución de sus entradas y salidas durante un intervalo de tiempo

EL PROCESO DE IDENTIFICACION

Tratamiento previo de los datos registrados.

- Los datos registrados están generalmente acompañados de ruidos indeseados u otro tipo de imperfecciones que puede ser necesario corregir antes de iniciar la identificación del modelo.
- Se trata, por tanto, de ‘preparar’ los datos para facilitar y mejorar el proceso de identificación

EL PROCESO DE IDENTIFICACION

Elección de la estructura del modelo.

- Si el modelo que se desea obtener es un modelo paramétrico, el primer paso es determinar la estructura deseada para dicho modelo.
- Esto se facilita en gran medida si se tiene un cierto conocimiento sobre las leyes físicas que rigen el proceso.

EL PROCESO DE IDENTIFICACION

Obtención de los parámetros del modelo.

- A continuación se procede a la estimación de los parámetros de la estructura que mejor ajustan la respuesta del modelo a los datos de entrada-salida obtenidos experimentalmente

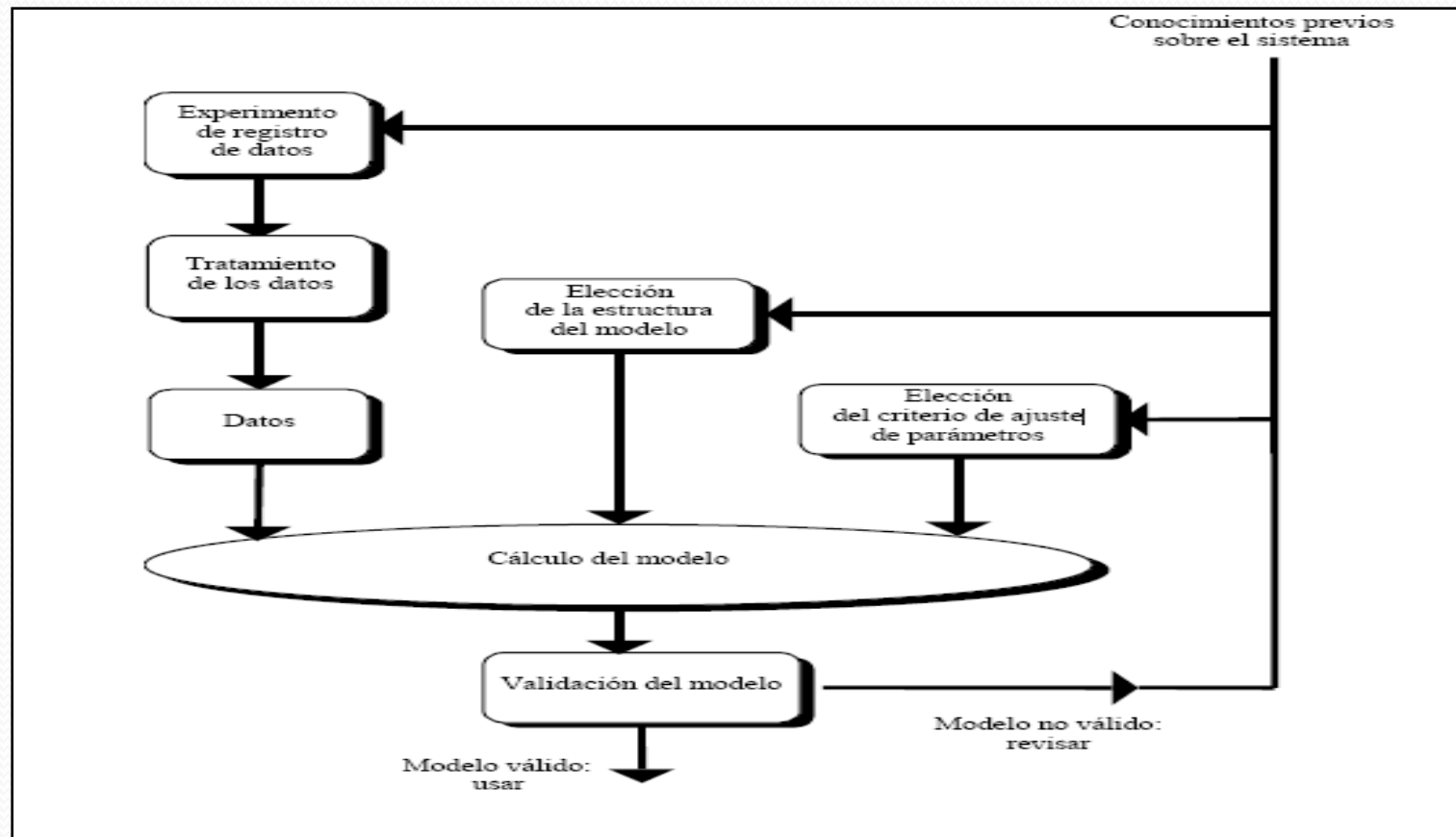
EL PROCESO DE IDENTIFICACION

Validación del modelo.

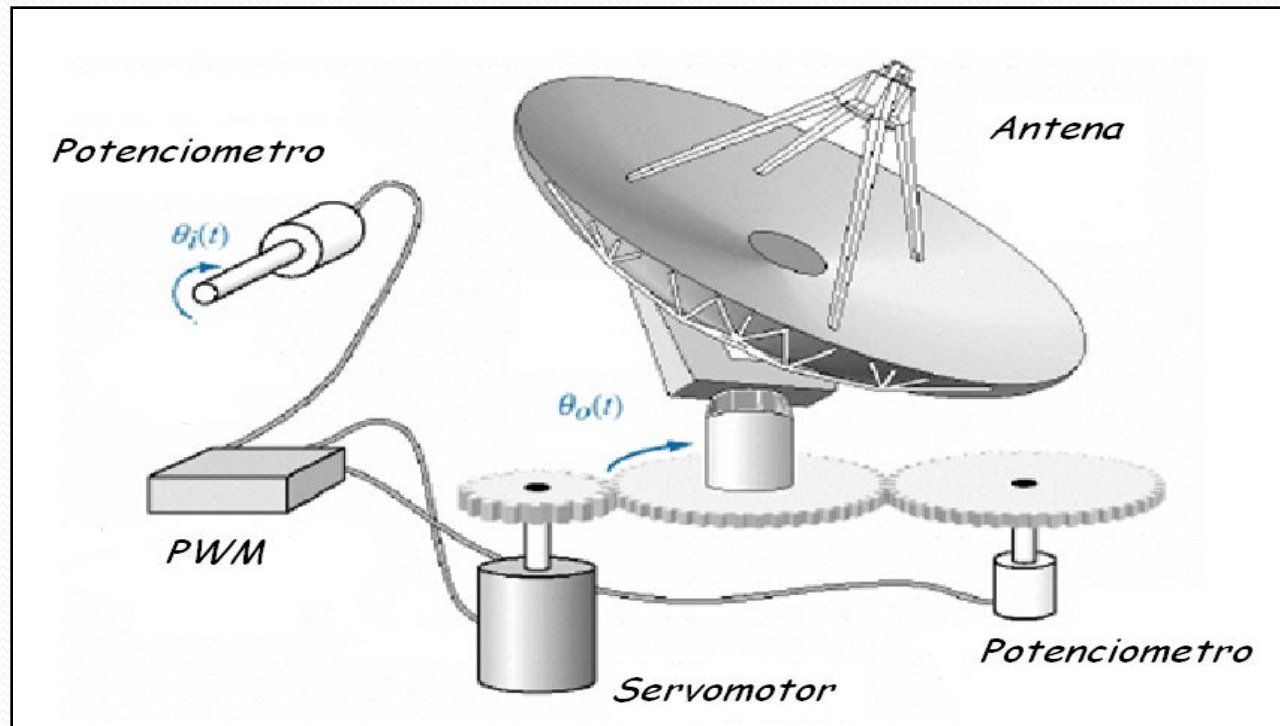
- El último paso consiste en determinar si el modelo obtenido satisface el grado de exactitud requerido para la aplicación en cuestión. Si se llega a la conclusión de que el modelo no es válido, se deben revisar los siguientes aspectos como posibles causas
 - Poca información
 - Mala estimación
 - Parámetros no satisfactorios

EL PROCESO DE IDENTIFICACION

- Organigrama de la identificación de sistemas



BOSQUEJO DE LA ESTRUCTURA DE LA PLANTA



FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO

- Interviene el factor ambiental → Ráfagas de viento
- La inercia del sistema → Los engranajes

OBJETIVOS DE CONTROL DE POSICIONAMIENTO DE LA ANTENA

- Se pretende *controlar la posición angular (Φ) de una antena parabólica de acuerdo a una referencia dada (Φ_{ref}) actuando sobre la tensión de alimentación del Servomotor (V_a) que mueve la antena a partir de una reductora con engranajes.*

CONSIDERACIONES PRACTICAS SOBRE IDENTIFICACION

Elección del tipo de entrada/s

- La/s entrada/s al sistema deben ser cuidadosamente elegidas de forma que los datos recogidos proporcionen toda la información posible sobre el sistema.

CONSIDERACIONES PRACTICAS SOBRE IDENTIFICACION

- Las señales escalonadas (con cambios bruscos) son muy utilizadas, puesto que contienen un espectro suficientemente amplio de frecuencias
- Para sistemas lineales, basta con utilizar dos niveles de entrada, preferiblemente barriendo todo el rango de variación permitido. En este tipo de sistemas se suelen utilizar señales binarias de duración aleatoria (conocidas como señales binarias aleatorias o Pseudoaleatorias)

CONSIDERACIONES PRACTICAS SOBRE IDENTIFICACION

Elección del periodo de muestreo

- La elección del periodo de muestreo está directamente relacionada con las constantes de tiempo del sistema, y tiene una influencia decisiva en el experimento de identificación
- Una regla comúnmente usada consiste en escoger una frecuencia de muestreo alrededor de diez veces el ancho de banda del sistema.

CONSIDERACIONES PRACTICAS SOBRE IDENTIFICACION

Elección del número de muestras a tomar

- En principio, cuanta más información se tenga sobre el sistema, más exacto será el proceso de identificación.
- En la práctica, el número de muestras a recoger durante el experimento de identificación viene limitado.
- Por tanto, es importante llegar a un buen compromiso en la elección del periodo de muestreo y el número de muestras a tomar.

CONSIDERACIONES PRACTICAS SOBRE IDENTIFICACION

Diseño de la señal de entrada

- Una señal de entrada debe ser amigable con la planta. Esto es originado de la comunidad de control de procesos, motivado por el deseo de experimentos de identificación que cumplan con lo requerido en la práctica.

CONSIDERACIONES PRACTICAS SOBRE IDENTIFICACION

Señal Pseudo Aleatoria Binaria

- Es una entrada determinística periódica que puede ser generada usando registros de desplazamiento y algebra booleana.
- Las variables principales de diseño son el tiempo de conmutación (t_{sw}), numero de registros a desplazar (nr), y la amplitud de la señal.
- Sus propiedades de auto-correlación y correlación cruzada, se asemejan a las del ruido blanco.

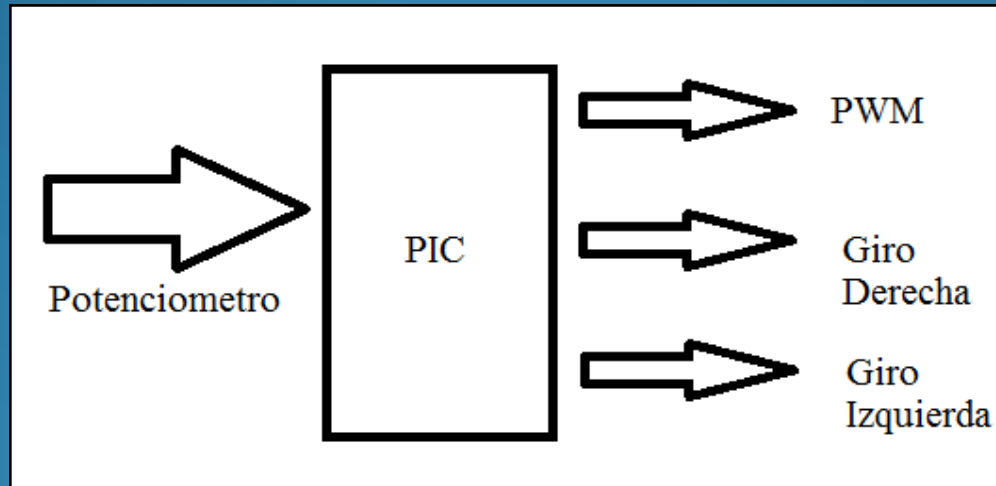
TIPOS DE IDENTIFICACION

A continuación se nombrará algunos de los Métodos Paramétricos aplicados en la identificación de nuestra planta:

- ARX (*Auto-Regressive with eXogenous inputs*)
- ARMAX (*Auto-Regressive Moving Average with eXogenous inputs*)
- Box-Jenkins
- Output-Error (Error de salida)

DISEÑO DE LA SOLUCION

Funcionamiento del prototipo



Funcionamiento del pic

- La señal de entrada del PIC será la del potenciómetro la cual varia su valor de 5 a 0v, con esta variación de voltaje hemos programado el pic para que nos brinde 3 velocidades distintas adicional el cambio de giro.
- Con respecto a las velocidades se dividen en tres partes, rápida, media y lenta

Grafico de las velocidades del pic

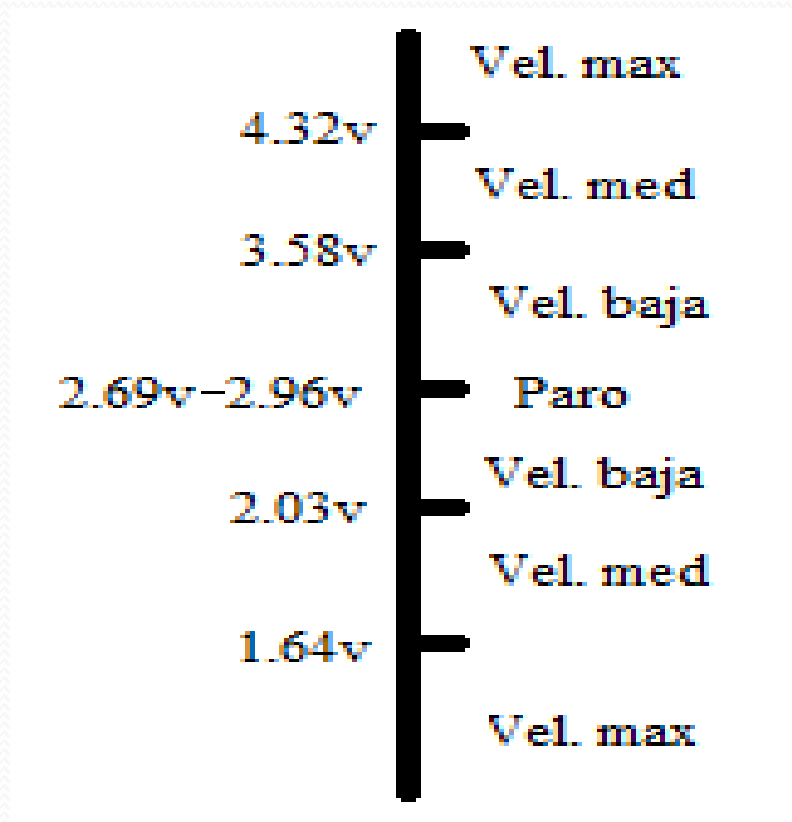
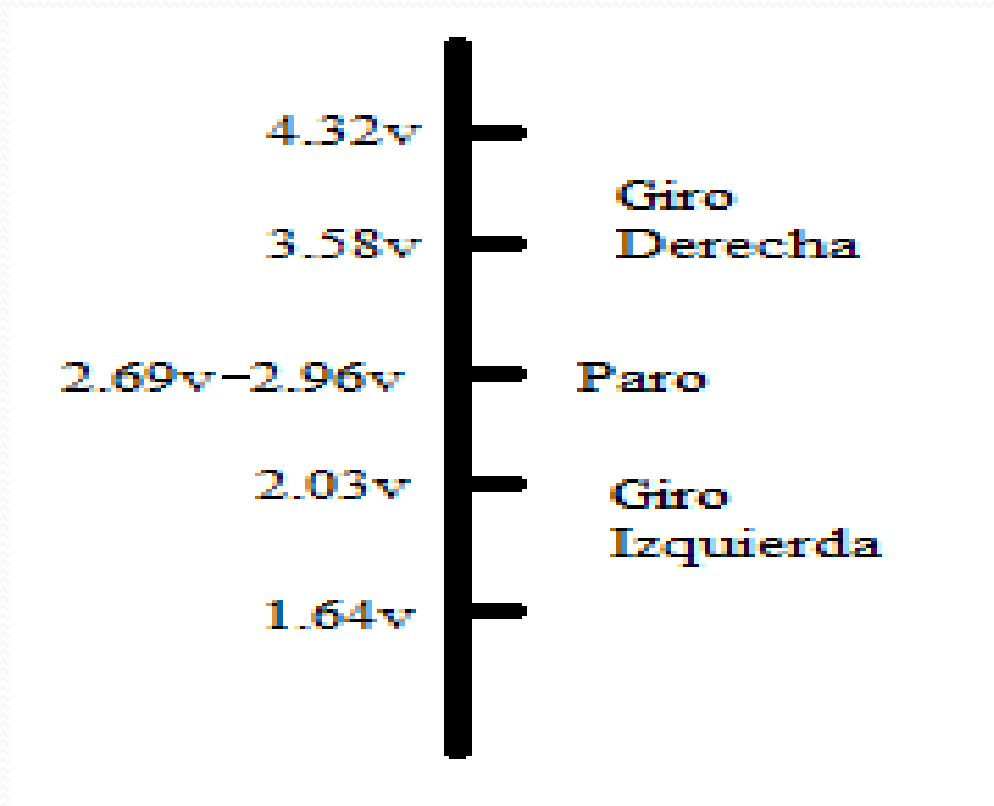
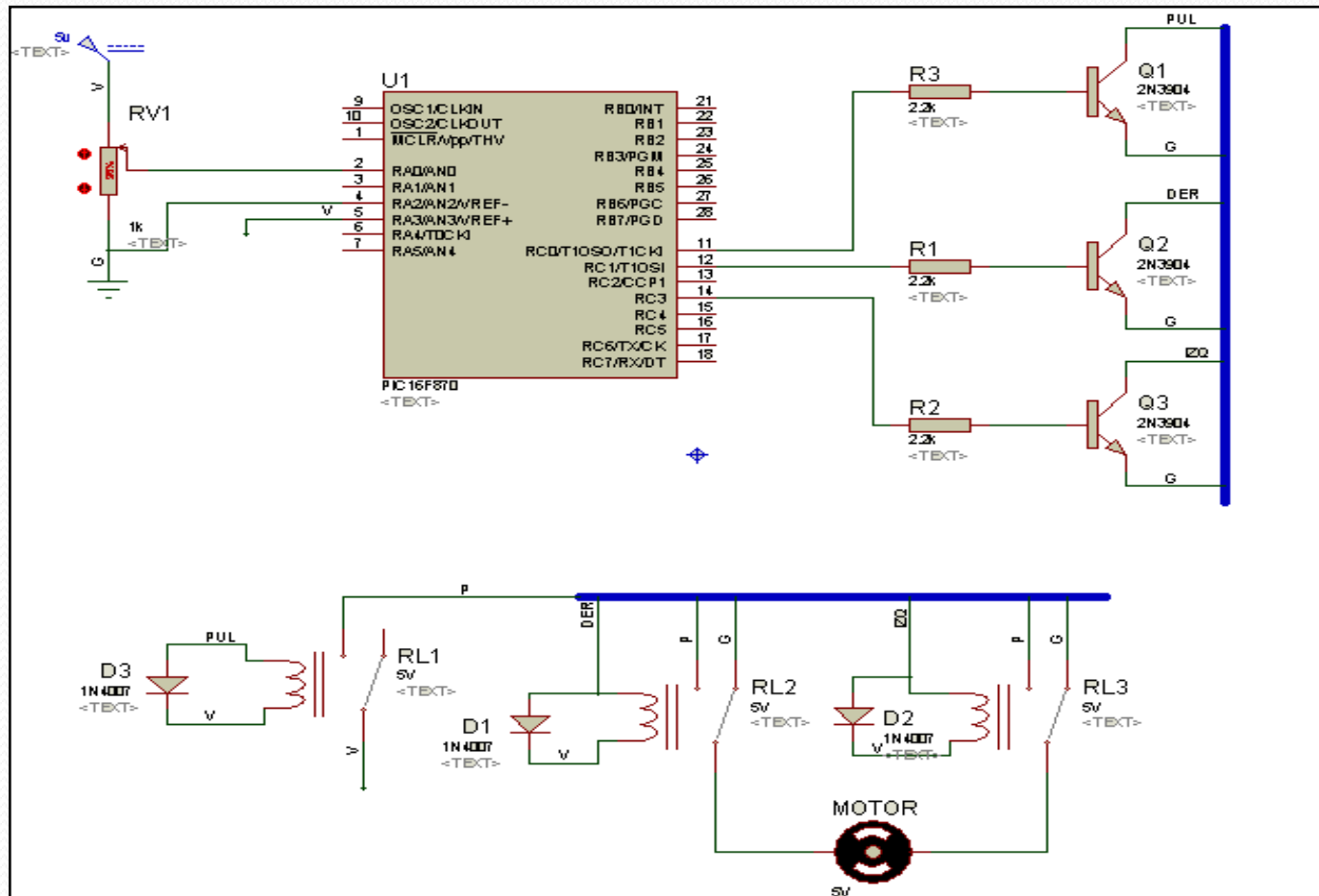


Grafico de los cambios de giro del pic

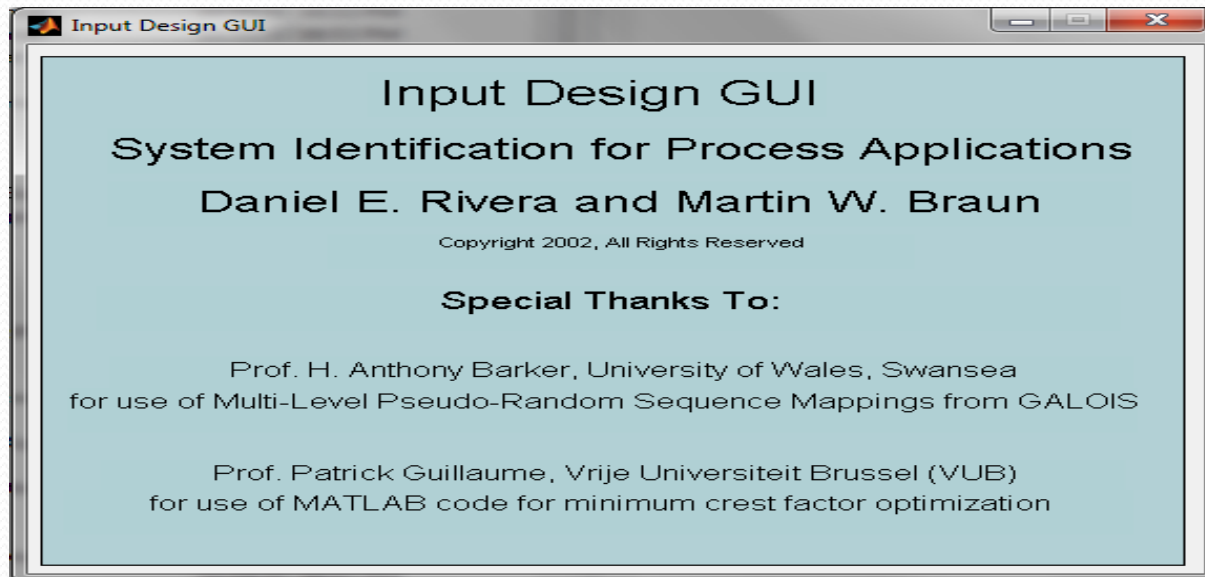


Esquemático del sistema electrónico



Diseño de la señal

- Para el diseño de la señal de entrada se escogió una señal PRBS, que será obtenida mediante el programa Input DesignGui, aplicación realizada en Matlab por Daniel E. Rivera y Martin W. Braun.



- Para el tipo de planta a analizar, será conveniente diseñar una señal de amplitud de 2.5, con un desfase de 2.5, con lo que obtendremos una señal optima que estará entre 0 y 5; cuando este en alto la antena giraría en sentido horario y cuando este en bajo, giraría en sentido anti-horario.

Interfaz Gráfica usada para el diseño de señales

The screenshot shows the 'Input Design GUI' window. At the top, there are buttons for 'Plot/Analyze', 'Save Plots', 'Close Plots', 'Load Signal', and 'Save Signal'. A 'Loaded Signal Filename:' field is also present. Below these are 'General Signal Specs' with fields for 'Initial Deadtime', 'Amplitude (+/-)', 'Sampling Time', 'Final Deadtime', and 'Signal Bias'. A 'Periodic Rotation' section includes radio buttons for 'None', 'Max Move', and 'Min Move', along with a '0' field. The main area is divided into four signal type sections: 'Double Pulse', 'Pseudo Random Binary Sequence', 'Multi-level Pseudo Random Sequence', and 'Multisineoidal'. Each section has its own set of parameters and radio buttons. At the bottom, there are 'Plots' options (1 cycle only, Time Series, Histogram), 'Autocorrelation' and 'Power Spectrum' settings, a 'Warnings' section, and 'Guideline Tables' parameters.

Input Design GUI

Plot/Analyze ? Save Plots ? Close Plots ? Load Signal ? Loaded Signal Filename: Save Signal ? ?

General Signal Specs: ? Initial Deadtime: 0 Amplitude (+/-): 1
Sampling Time: 1 Final Deadtime: 0 Signal Bias: 0

Periodic Rotation: ?
 None Max Move Min Move

Double Pulse ?
Number of Cycles: 1
First Pulse Duration:
Second Pulse Duration:
First Pulse Amplitude:
2nd Pulse Amplitude:

Pseudo Random Binary Sequence ?
 Inverse Repeat Sequence
Number of Cycles: 1
 Direct Specification ?
Switching Time:
Number of Registers:
 Guideline Specification ?
Alpha: 2 Lo:
Beta: 3 Hi:
Tau_dom:

Multi-level Pseudo Random Sequence ?
Number of Cycles: 1
Number of Levels:
No. of Galois Elements:
Switching Time:
Number of Registers:
Harmonic Suppression: 2
Info. for Guideline Tables:
Alpha: 2 Lo:
Beta: 3 Hi:
Tau_dom:
Guideline Tables ?

Multisineoidal ?
Number of Cycles: 1
 Direct Specification ?
Sequence Length:
No. of Sinusoids:
 Guideline Specification ?
No. of Sinusoids (optional):
Alpha: 2 Lo:
Beta: 3 Hi:
Tau_dom:
Harmonic Amplitudes: ?
Harmonic Suppression: 0
 Flat
Relative Hi Freq.:
 Control Relevant
 Load Custom Load
Generation Method: ?
 Schroeder-phased
 Minimum Crest Factor
Max. Var.: 1e-6 Max. Iter.: 20
Max. p: 600

Plots: ?
 1 cycle only
 Time Series
 Histogram
No. Bins:
Autocorrelation: ?
 Periodic
 Non-periodic
 lags
Conf. Limits: none

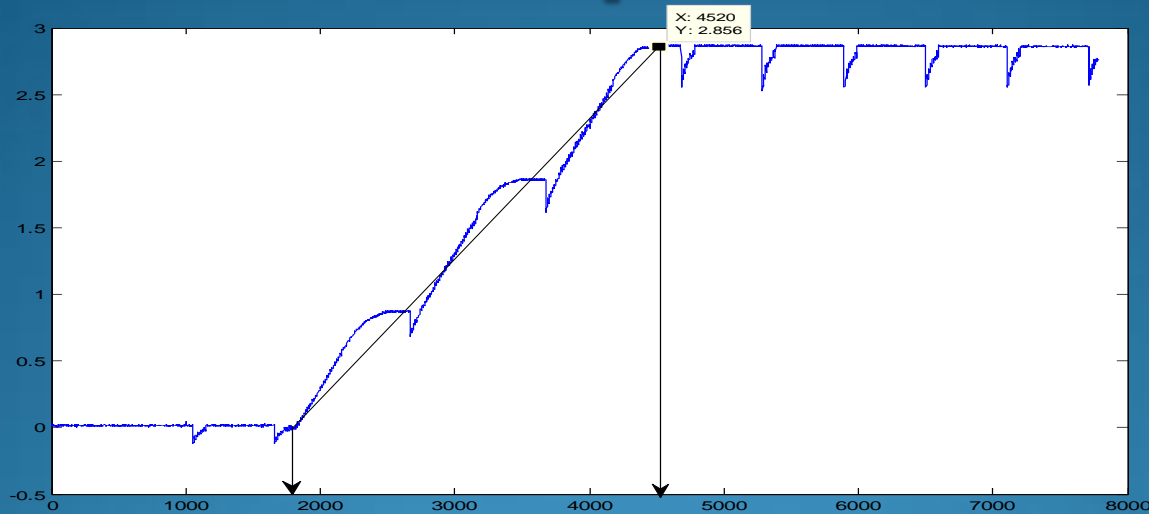
Power Spectrum: ?
 Periodogram
 Welch Window
 datapoints
 include ZOH

Warnings:

Obtención del Tao dominante de la planta

- La forma que utilizaremos para obtener el Tao de la planta será a partir de la respuesta a una entrada impulso que se realice a la planta. Luego se encuentra el valor de tiempo de cuando la respuesta está en el 63.3% del valor de final

Obtención del Tao dominante de la planta



Voltaje inicial = 0

Voltaje final = 2.85

Valor del paso = 2.85

63% = 1.79

$V(x) = 1.79$

X = 3.29 Seg.

Selección del tiempo de muestreo

Alpha	Tao	Π	Tmuestreo
1	3.29	3,14159	10.33
2	3.29	3,14159	5.16
3	3.29	3,14159	3.44
4	3.29	3,14159	2.58
5	3.29	3,14159	2.06
6	3.29	3,14159	1.72
7	3.29	3,14159	1.47
8	3.29	3,14159	1.29
9	3.29	3,14159	1.14
10	3.29	3,14159	1.03



$$T_{SW} \leq \frac{2.8 * \tau}{\alpha}$$

Para un α de 1.8,
tenemos lo siguiente

$$T_{SW} = 5$$

Selección del tiempo de muestreo a utilizarse

- De la ecuación anterior podemos observar que dependiendo del valor asignado a α , se obtiene el valor máximo del tiempo de muestreo a utilizar
- Los valores obtenidos en la tabla son sugeridos de la ecuación como valores máximos, es decir se pueden tomar valores menores o iguales a estos
- Concluyendo el tiempo de muestreo favorable y escogido para la identificación es de $T_{muestreo}=0.1 s$

Aspectos a tomar en cuenta para diseño de señales de entrada

- Mientras menor sea el tiempo de muestreo, mayor cantidad de datos se obtendrán
- El tiempo de cambio (Switching Time) debe ser por lo menos 10 veces mayor que el Tiempo de Muestreo (Sampling Time)

$$\text{Switching Time} \geq 10 T_{\text{muestreo}}$$

Selección la señal prbs usada en la identificación

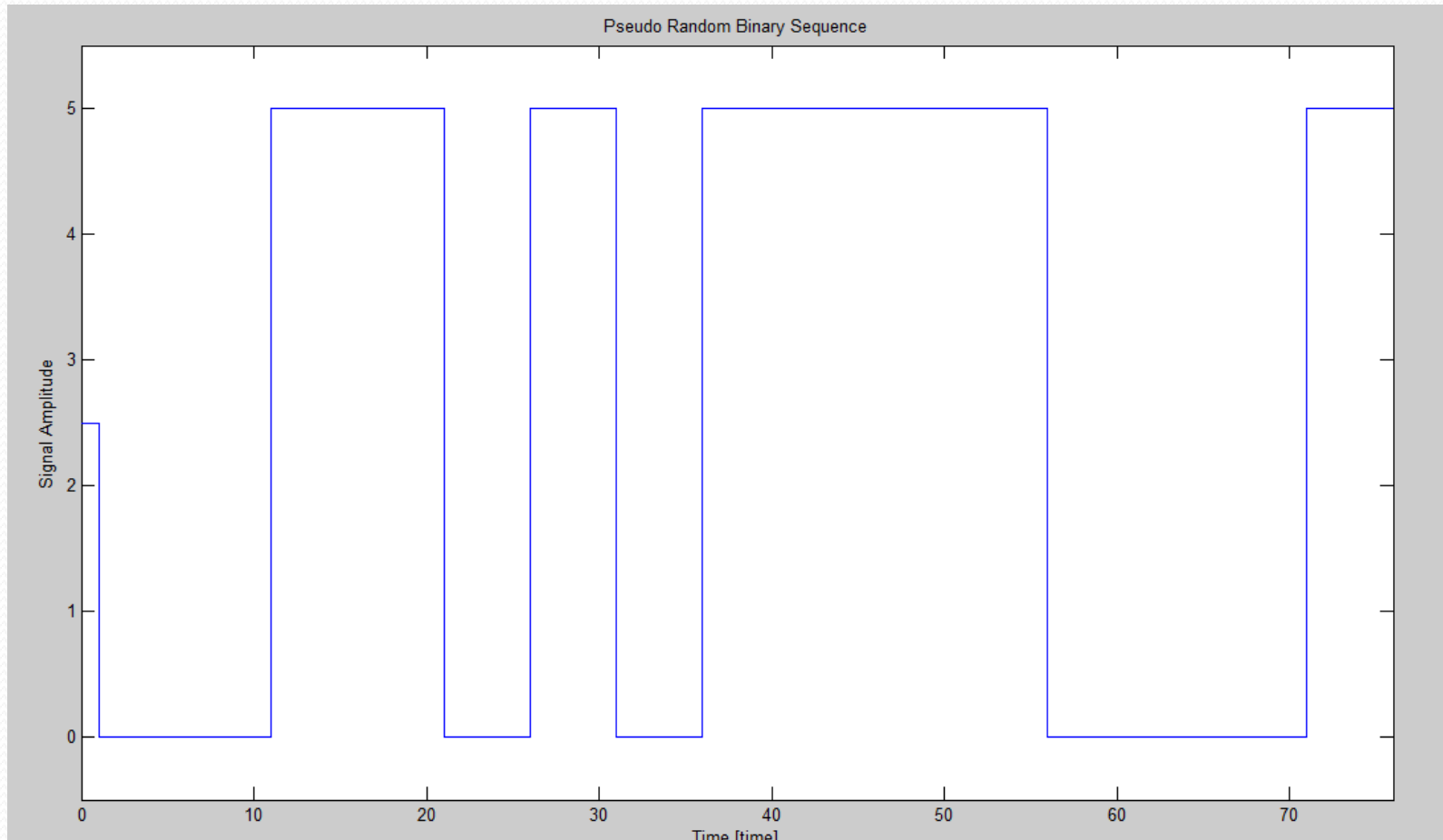
	Nombre	Tiempo Muestreo	Tiempo de Cambio (T_{SW})	# Reg
1	PRBS	0.001	2	2
2	PRBS	0.001	3	4
3	PRBS	0.01	2	2
4	PRBS	0.01	4	4
5	PRBS	0.1	3	2
6	PRBS	0.1	5	4

- La señal sombreada es la elegida, las anteriores señales presentan un tiempo de duración muy corto o periodos de permanencia en alto o en bajo tan cortos que hacen que la reacción del Servomotor sea nula y no haga el cambio de giro oportuno.

Datos asignados para la creación de nuestra señal:

- Sampling time = 0.1
- Initial deadtime = 1
- Final deadtime = 0
- Amplitud = 2.5
- Signal bias = 2.5
- Switching time = 5
- Numero de registros = 4

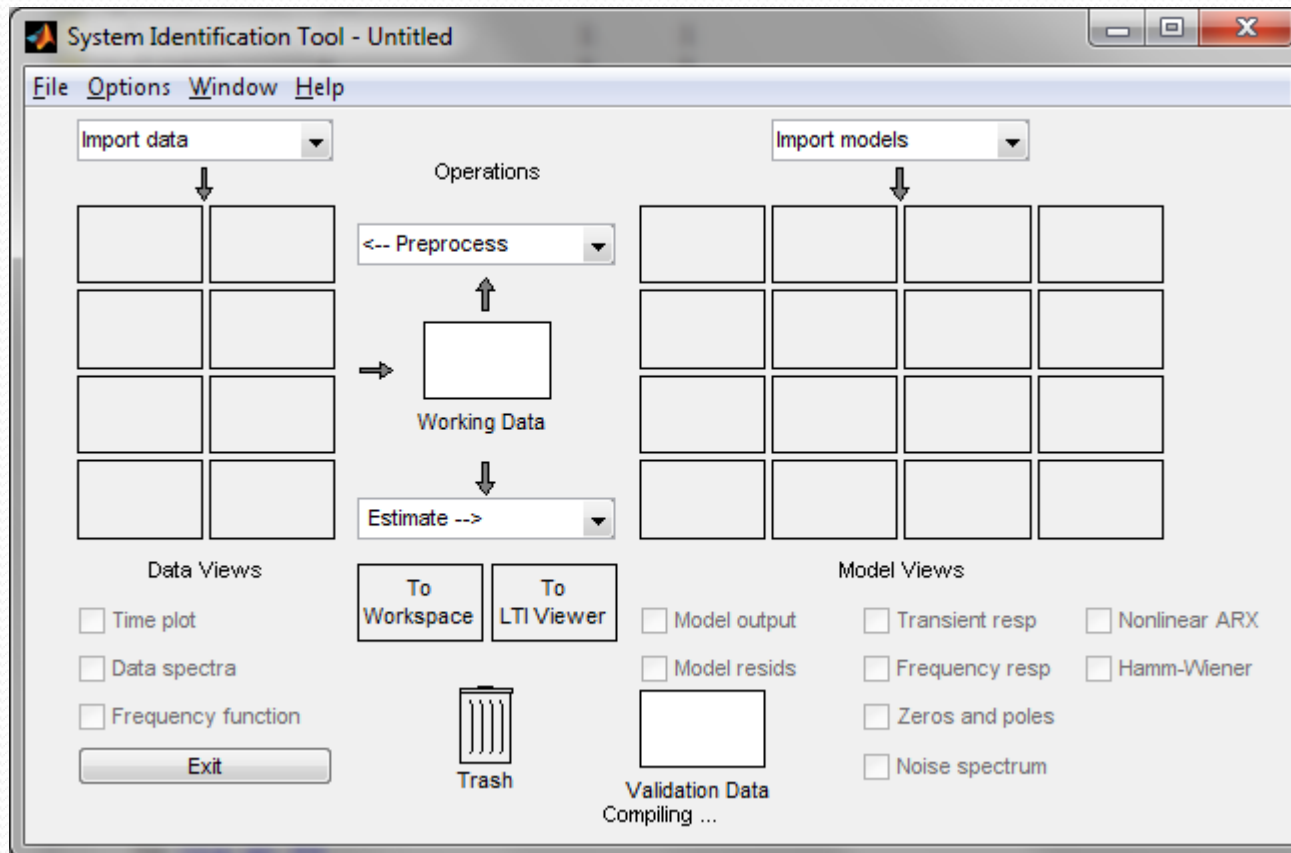
señal prbs



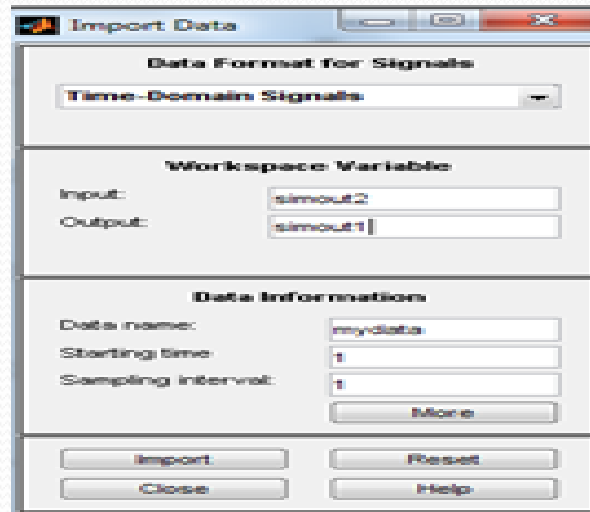
Proceso de Identificación

- Para realizar la identificación haremos uso de la herramienta IDENT de MATLAB
- Nos permite de una forma muy amigable importar los datos, seleccionar rangos los cuales servirán para la identificación y validación de los modelos encontrados

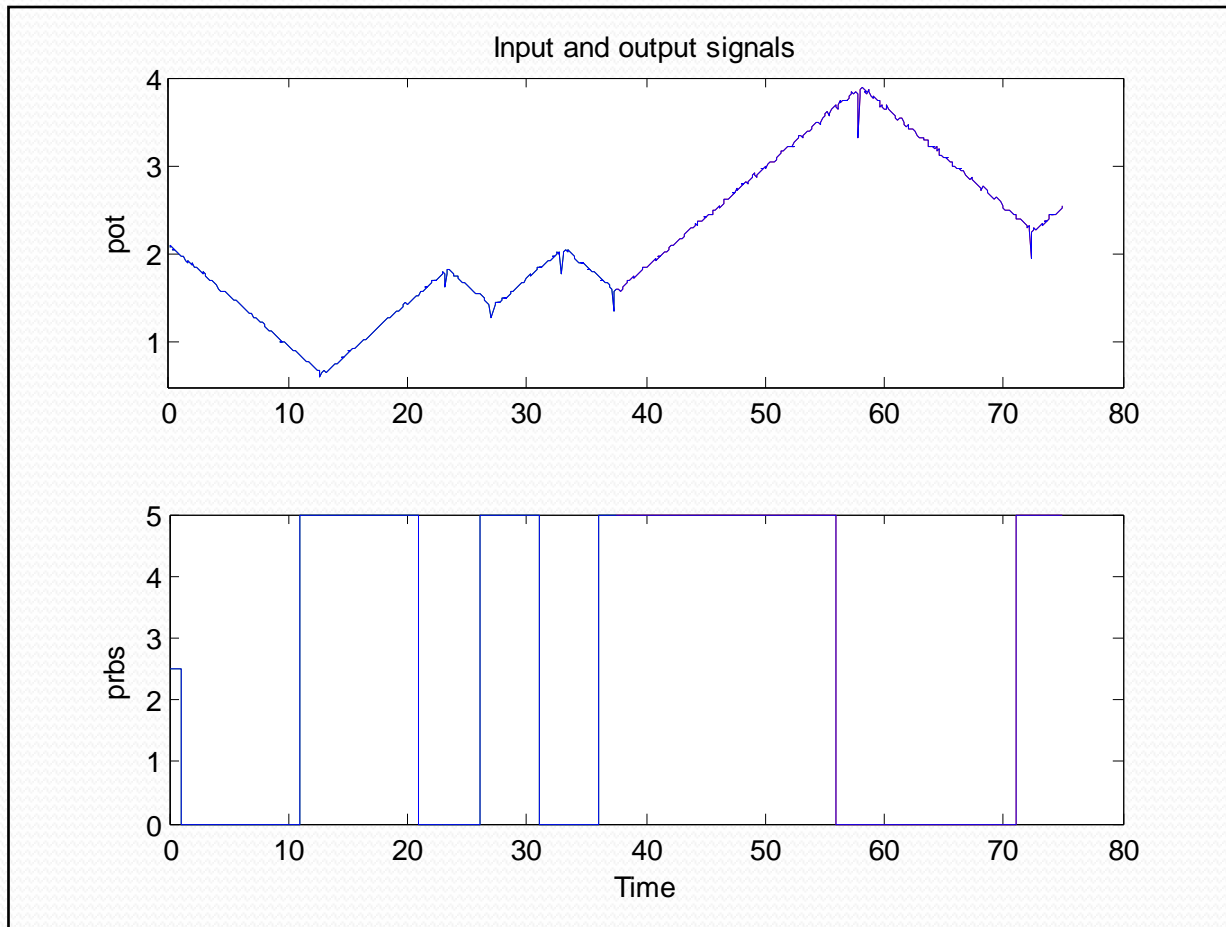
Interfaz de herramienta System Identification



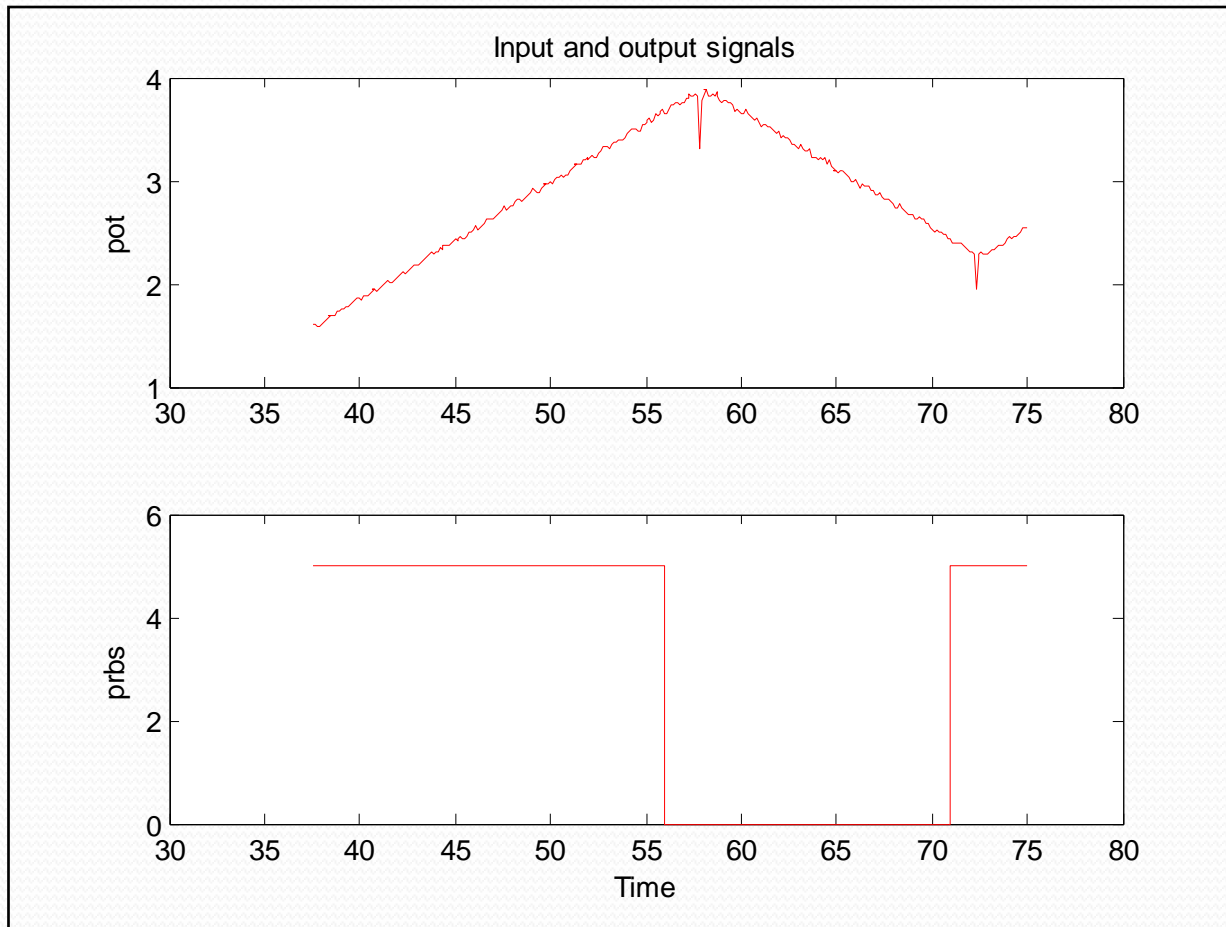
Interfaz para importar datos



Luego podemos graficar entrada vs salida



Validación de la señal



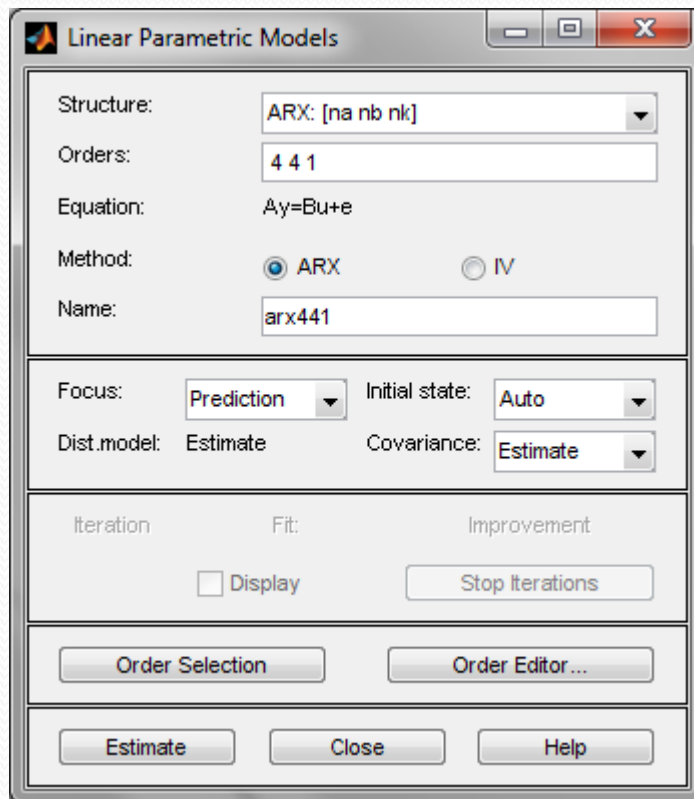
Modelos de identificación

Nombre	Significado
na	Numero de Polos Comunes
nb	Numero de Zeros + 1
nc	Entrada de Ruido Zeros
nd	Entrada de Ruido Polo
nf	Numero de Polos
nk	Retardo

**Significado de variables –
Identificación a la planta**

Análisis Modelo ARX

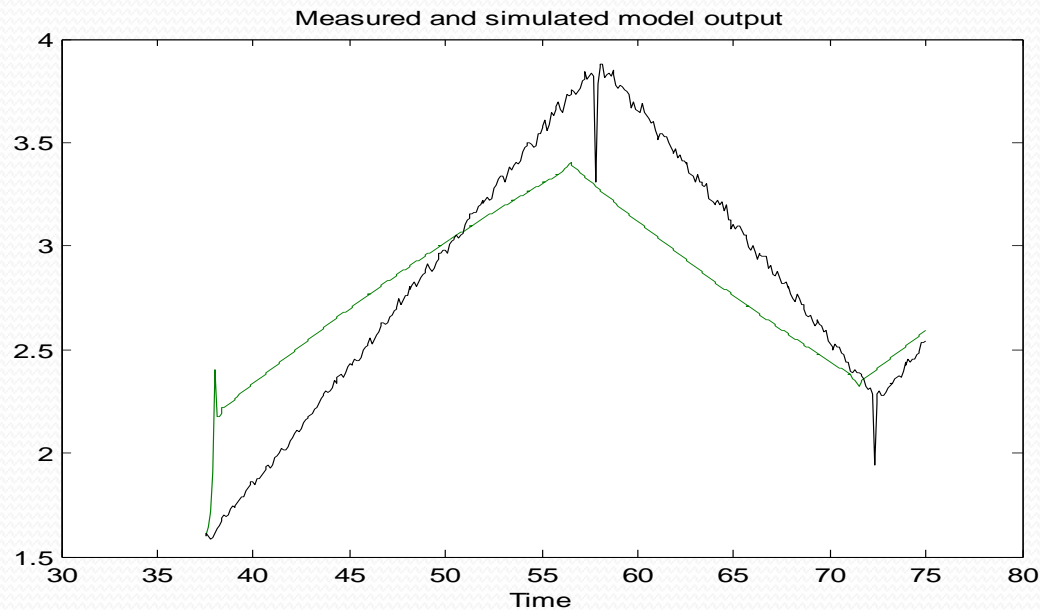
Interfaz de modelo ARX



Aproximaciones de respuestas obtenidas con modelos ARX

ARX[na][nb][nk][N]	Aproximación
arx221N	37.76%
arx331N	40.07%
arx441N	42.04%
arx551N	44.23%
arx552N	45.77%

Modelo ARX escogido

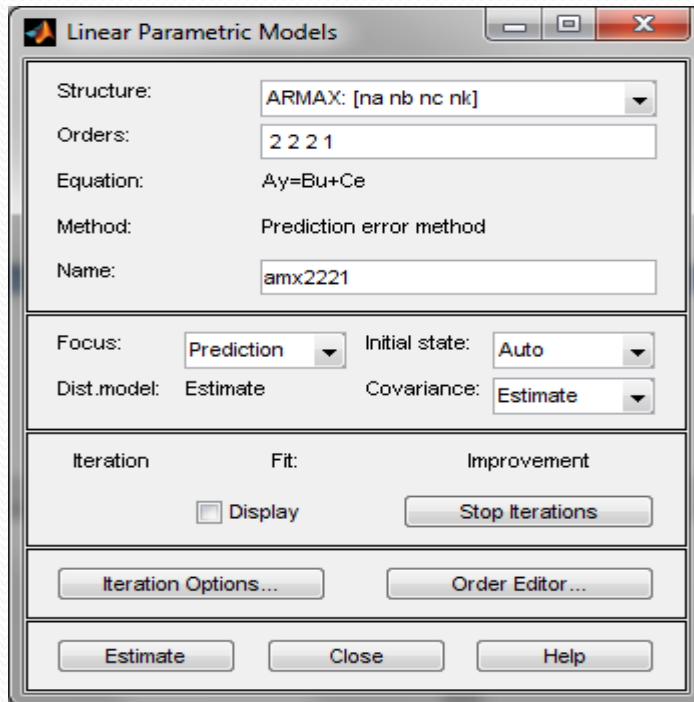


Comparación del modelo
con la planta real

Modelo ARMAX

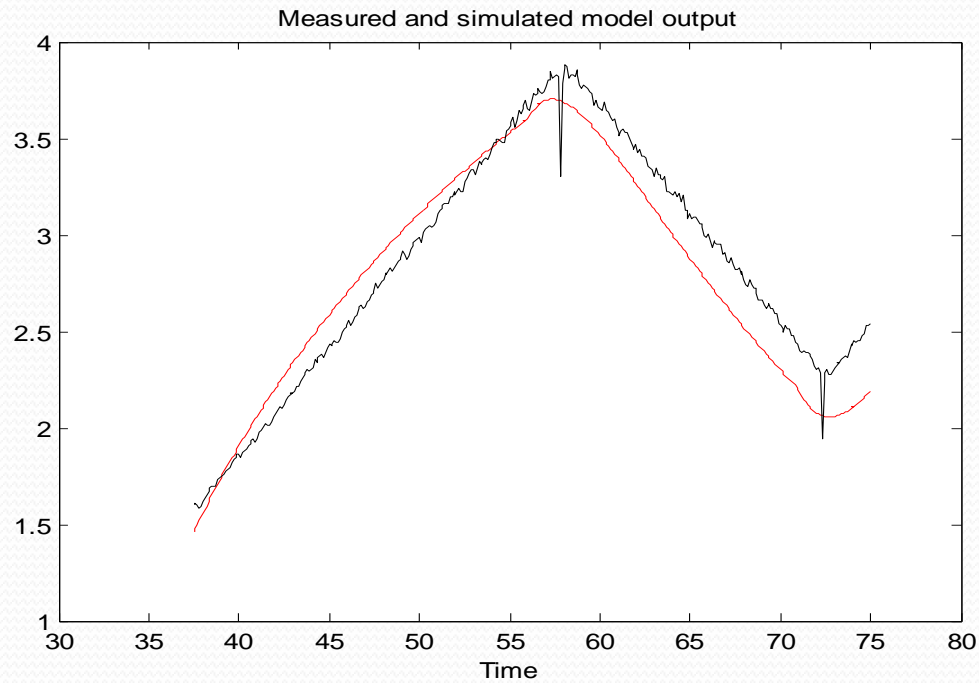
Interfaz de modelo ARMAX

aproximaciones de respuestas
obtenidas con modelos ARX



ARMAX[na][nb][nk][N]	Aproximación
Amx2221N	70.52%
Amx3331N	66.62%
Amx4442N	67.81%
Amx5552N	67.78%

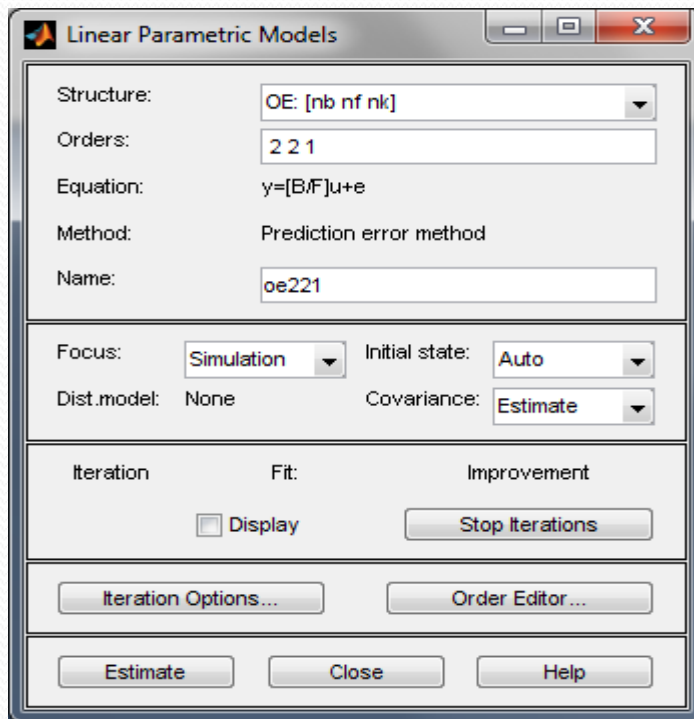
Modelo ARX escogido



Modelo paramétrico Output Error

Interfaz de modelo Output Error

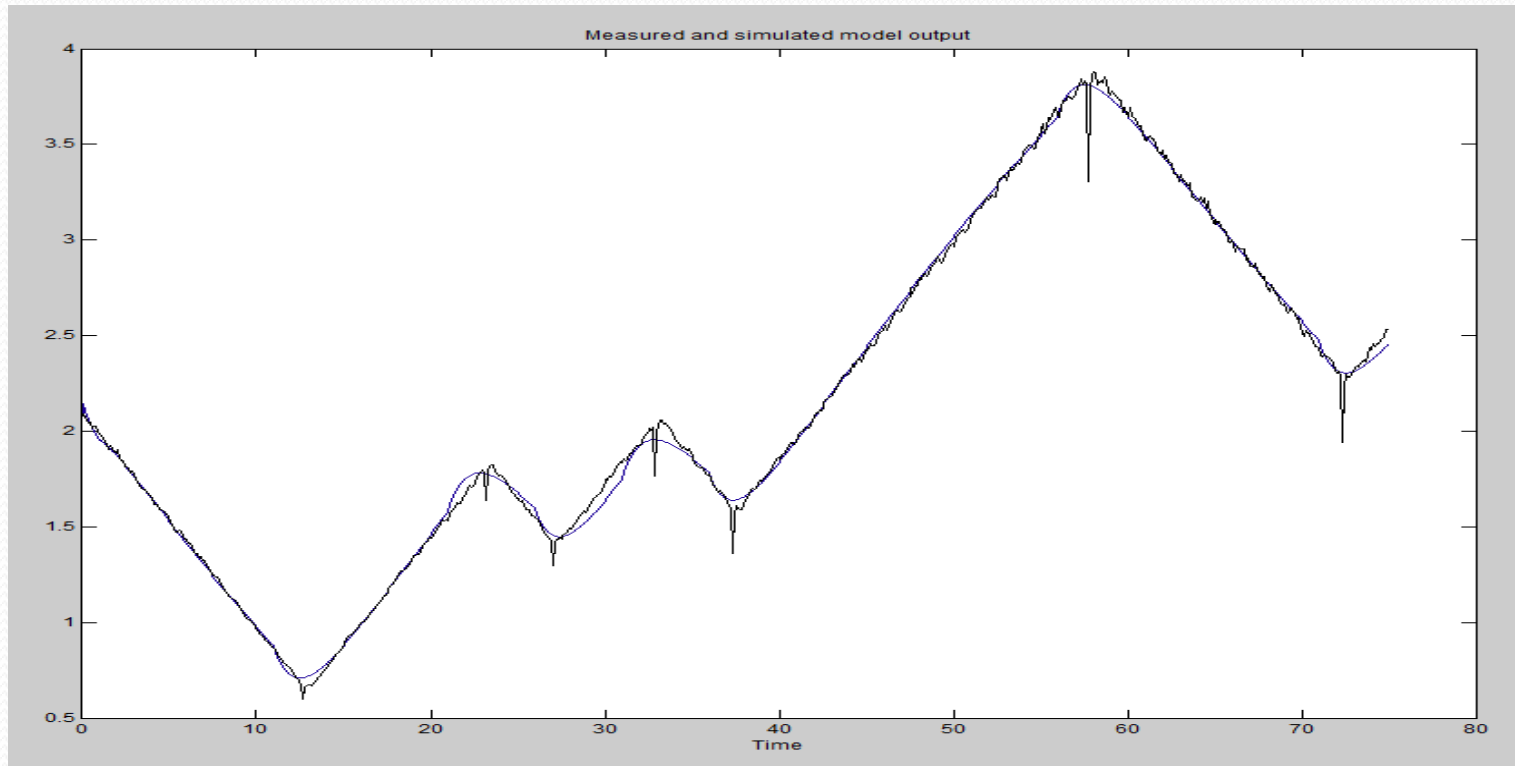
Aproximaciones de respuestas obtenidas con modelos OE



OE[na][nb][nk][N]	Aproximación
Oe111A	46.26%
Oe221A	85.07%
Oe331A	90.07%
Oe442A	92.98%

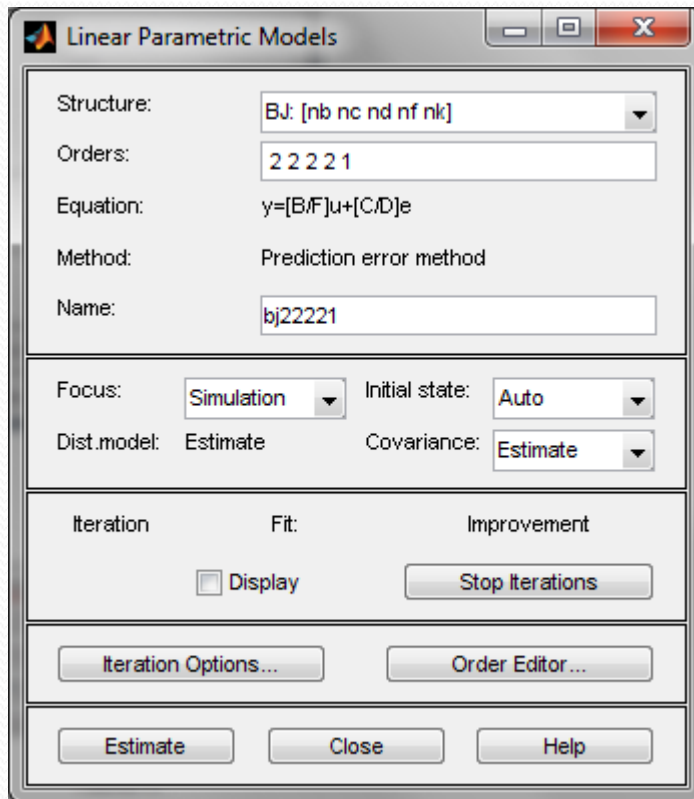
Modelo Output Error (OE) escogido

Comparación del modelo Oe442A con la planta real



Modelo BOX-JENKINS

Interfaz de modelo Box-Jenkins

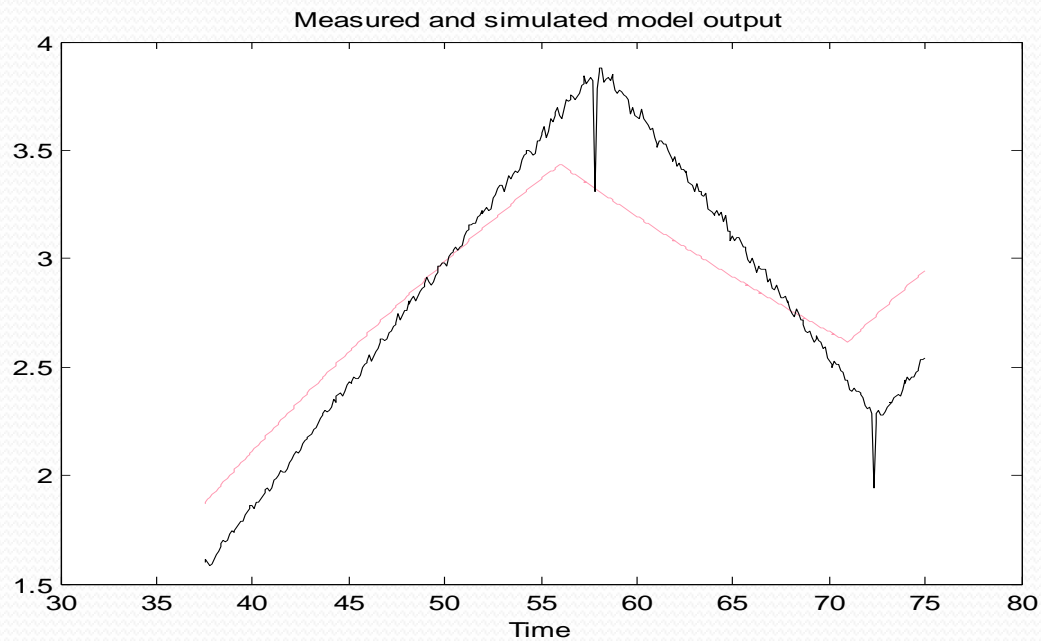


Aproximaciones de respuestas obtenidas con modelos Box-Jenkins

BJ[nb][nc][nd][nf][nk]N	Aproximación
Bj1111A	55.02%
Bj22221A	34.54%
Bj22222A	30.99%
Bj44441A	23.45%

Modelo escogido Box-Jenkins

Comparación del modelo B_{j11111A} con la planta real



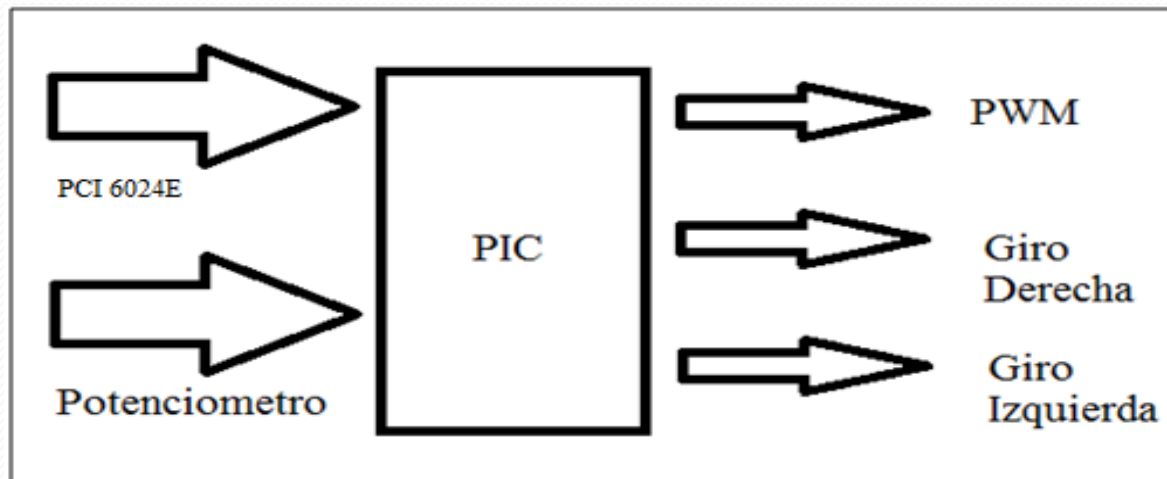
Análisis de Resultados

Modelos escogidos

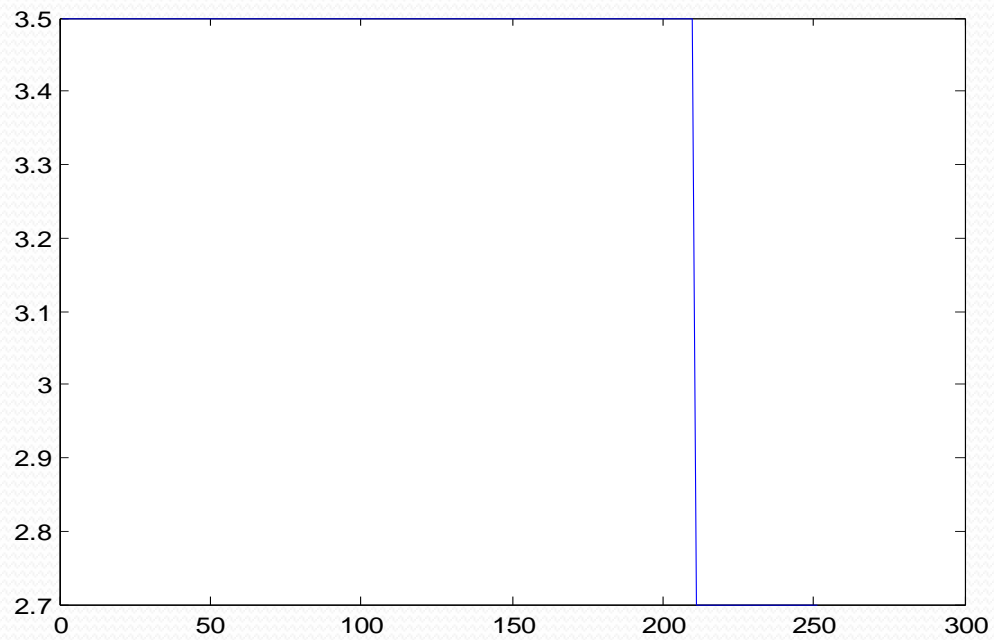
ARX[na][nb][nk]N	Aproximación
Arx552N	45.77%
ARMAX[na][nb][nc][nk]N	Aproximación
amx2221N	70.52%
OE[nb][nf][nk]N	Aproximación
Oe442A	92.98%
BJ[nb][nc][nd][nf][nk]N	Aproximación
Bj11111A	55.02%

Diseño del Controlador

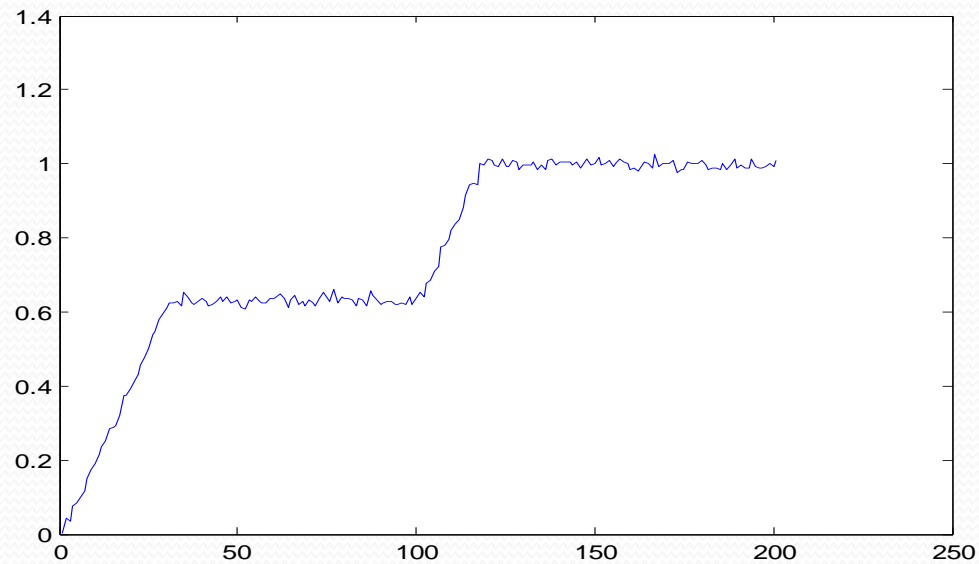
Funcionamiento



Prueba Controlador



Salida del sensor



CONCLUSIONES

- Al tener que construir proyectos de este tipo hay que conocer que variables hay que medir y controlar, que equipos de instrumentación se van a utilizar para ayudar a controlar el proceso en base al controlador, ya que si no se tiene presente esto no se podrá hacer una correcta identificación del sistema
- Luego de varias pruebas con varios modelos en las simulaciones realizadas se comprobó que el modelo que más se ajusta a la dinámica del sistema real fue el OE (Output-Error)
- Queda demostrado, además que los modelos encontrados por este método constituyen una buena aproximación de los sistemas reales y pueden ser utilizados en el diseño de controladores automáticos.

CONCLUSIONES

- La adquisición de datos a través de tarjetas DAQ con Matlab, permite conectarnos en tiempo real con procesos analógico, digital en forma simple. Sólo se requiere que la DAQ sea reconocida por Matlab. Matlab reconoce los sistemas de adquisición de datos de la mayoría de fabricantes conocidos.

RECOMENDACIONES

- Es necesario que al momento de la identificación, tener una inducción del uso de la tarjeta de adquisición de datos, debido a que el ingreso de voltajes no tolerables para la misma puede afectarla e inclusive dañarla.
- Para una correcta estimación del modelo real del proyecto, se requiere realizar varias validaciones de los distintos modelos (ARX, ARMAX, OE, BJ), modificando así sus parámetros y de esta forma llegar a la mejor.

RECOMENDACIONES

- La señal PRBS debe diseñarse en base a las características del sistema previamente conocidas.
- Se recomienda siempre tener en cuenta todas las perturbaciones externas que afectan el sistema.