

Ejemplo simulación controladores PID (Sintonización)

Cada método de sintonización PID por curvas de reacción (lazo abierto) ofrece diferentes características en la respuesta del sistema en lazo cerrado. A continuación se muestra una comparación de algunos métodos con diferentes características de respuesta

Sintonización

Este tipo de métodos se reportan como un conjunto de ecuaciones obtenidas para satisfacer ciertos criterios de desempeño, por lo tanto cada método esta diseñado para abordar ciertos problemas con características definidas

Ziegler y Nichols

El método de Ziegler y Nichols busca establecer un crecimiento de la variable contralada muy rápido pero busca mitigar los sobre-impulsos y las oscilaciones con una relación de decaimiento de 1/4. Es decir, la segunda oscilación será máximo 1/4 de la primera.

A partir del modelo ya obtenido en la sección de identificación se tiene las siguientes funciones de transferencia para los controladores:

```
G = tf(8,[1 6 11 6])
```

G =

$$\frac{8}{s^3 + 6 s^2 + 11 s + 6}$$

Continuous-time transfer function.

```
%*****Sintonización desde modelo Ziegler y Nichols*****%
K = 1.33; % Parámetros de recta tangente
tau = 2.211;
to = 0.409;
Kp = 1.2*tau/(to * K) % Ecuaciones de Ziegler y Nichols
```

Kp = 4.8775

```
Ti = 2*to
```

Ti = 0.8180

```
Td = 0.5 * to
```

Td = 0.2045

```
s = tf('s');
Gzn = tf(K, [tau 1], 'inputDelay', to); % modelo de Ziegler y Nichols
Czn = Kp*(1 + 1/(s*Ti) + Td*s) %Controlador sintonizado por Ziegler y Nichols a pa
```

Czn =

$$\frac{0.8159 s^2 + 3.99 s + 4.877}{-----}$$

0.818 s

Continuous-time transfer function.

```
*****Sintonización desde modelo Miller*****%
tau = 1.541;           % Parámetros de Miller
Kp = 1.2*tau/(to * K)   % Ecuaciones de Ziegler y Nichols
```

Kp = 3.3995

Ti = 2*to

Ti = 0.8180

Td = 0.5 * to

Td = 0.2045

```
s = tf('s');
Cm = Kp*(1 + 1/(s*Ti) + Td*s)   %Controlador sintonizado por Ziegler y Nichols a par
```

Cm =

$$\frac{0.5687 s^2 + 2.781 s + 3.399}{0.818 s}$$

Continuous-time transfer function.

```
Gm = tf(K, [tau 1], 'inputDelay', to) ;           % modelo de Miller
***** Sintonizacion desde modelo de Alfaro*****%
tau = 1.2622;           % Parámetros Alfaro
to = 0.6296;
Kp = 1.2*tau/(to * K)   % Ecuaciones de Ziegler y Nichols
```

Kp = 1.8088

Ti = 2*to

Ti = 1.2592

Td = 0.5 * to

Td = 0.3148

```
s = tf('s');
Ca = Kp*(1 + 1/(s*Ti) + Td*s)   %Controlador sintonizado por Ziegler y Nichols a par
```

Ca =

$$\frac{0.717 s^2 + 2.278 s + 1.809}{1.259 s}$$

Continuous-time transfer function.

```
Ga = tf(K, [tau 1], 'inputDelay', to) ;           % modelo de Alfaro
```

A continuación se compararán los 3 controladores sintonizados por ziegler y nichols a partir de 3 métodos de identificación diferentes:

```
Go_zn = feedback(G*Czn,1) % Función de transferencia en lazo cerrado con retroalimentación
```

```
Go_zn =  
  
      6.527 s^2 + 31.92 s + 39.02  
-----  
0.818 s^4 + 4.908 s^3 + 15.53 s^2 + 36.83 s + 39.02  
  
Continuous-time transfer function.
```

```
Go_m = feedback(G*Cm,1)
```

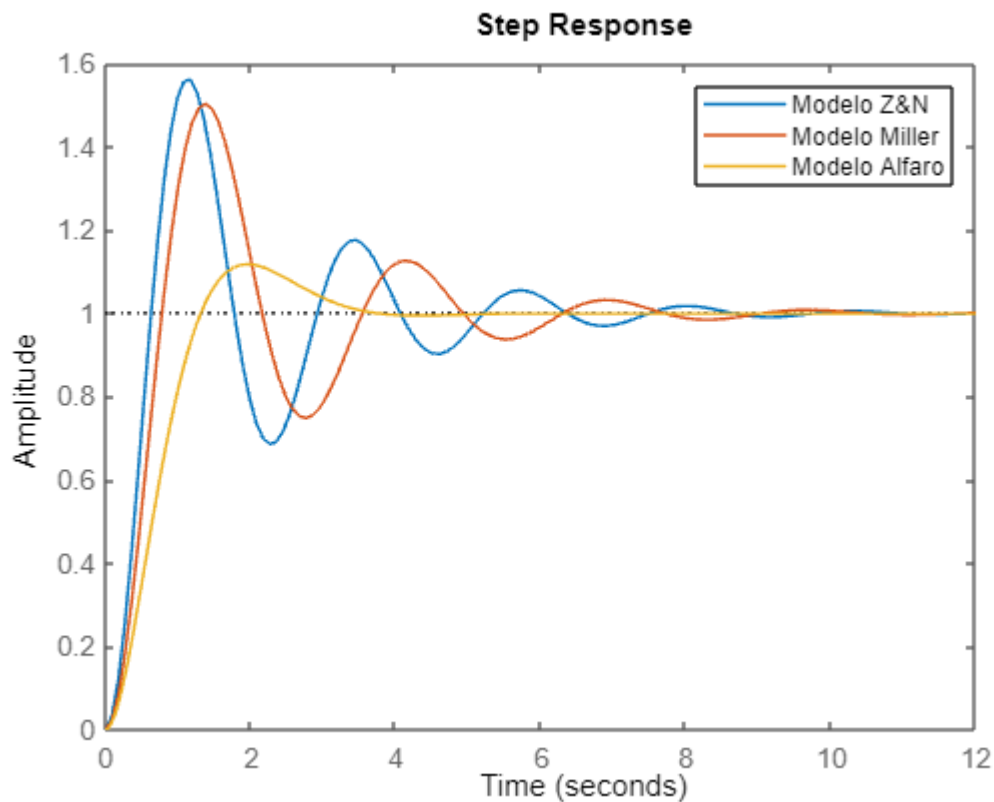
```
Go_m =  
  
      4.549 s^2 + 22.25 s + 27.2  
-----  
0.818 s^4 + 4.908 s^3 + 13.55 s^2 + 27.15 s + 27.2  
  
Continuous-time transfer function.
```

```
Go_a = feedback(G*Ca,1)
```

```
Go_a =  
  
      5.736 s^2 + 18.22 s + 14.47  
-----  
1.259 s^4 + 7.555 s^3 + 19.59 s^2 + 25.78 s + 14.47  
  
Continuous-time transfer function.
```

Resultados

```
step(Go_zn, Go_m, Go_a)  
hold on  
legend('Modelo Z&N', 'Modelo Miller', 'Modelo Alfaro')
```



En la gráfica anterior se observa que con la identificación de 2 puntos se logra un mejor comportamiento con solamente un sobre impulso y menor tiempo de establecimiento que los métodos de un punto

Coeficiente de ajustabilidad

```

%*****Sintonización desde modelo Ziegler y Nichols*****%
K = 1.33;                      % Parámetros de recta tangente
tau = 2.211;
to = 0.409;
gamma = to/tau

```

```
gamma = 0.1850
```

```

Kp = 0.5/(K*gamma)              % Ecuaciones de coeficiente de ajustabilidad

```

```
Kp = 2.0323
```

```
Ti = tau
```

```
Ti = 2.2110
```

```

s = tf('s');
Gzn = tf(K, [tau 1], 'inputDelay', to);          % modelo de Ziegler y Nichols
Czn = Kp*(1 + 1/(s*Ti))                          %Controlador sintonizado por coeficiente de ajustabilidad

```

```
Czn =
```

$$\frac{4.493 \text{ s} + 2.032}{2.211 \text{ s}}$$

Continuous-time transfer function.

```
*****Sintonización desde modelo Miller*****%
tau = 1.541;           % Parámetros de Miller
gamma = to/tau;
Kp = 0.5*(1+0.5*gamma)/(K*gamma) % Ecuaciones de coeficiente de ajustabili
```

Kp = 1.6044

Ti = tau*(1+0.5*gamma)

Ti = 1.7455

Td = tau*(0.5*gamma)/(0.5*gamma+1)

Td = 0.1805

```
s = tf('s');
Cm = Kp*(1 + 1/(s*Ti) + Td*s) %Controlador sintonizado por coeficiente de ajustabi
```

Cm =

$$\frac{0.5056 \text{ s}^2 + 2.8 \text{ s} + 1.604}{1.746 \text{ s}}$$

Continuous-time transfer function.

```
Gm = tf(K, [tau 1], 'inputDelay', to) ; % modelo de Miller
***** Sintonización desde modelo de Alfaro*****%
tau = 1.2622;           % Parámetros Alfaro
to = 0.6296;
gamma = to/tau
```

gamma = 0.4988

Kp = 0.5*(1+0.5*gamma)/(K*gamma) % Ecuaciones de coeficiente de ajustabili

Kp = 0.9416

Ti = tau*(1+0.5*gamma)

Ti = 1.5770

Td = tau*(0.5*gamma)/(0.5*gamma+1)

Td = 0.2520

```
s = tf('s');
Ca = Kp*(1 + 1/(s*Ti) + Td*s) %Controlador sintonizado por coeficiente de ajustabi
```

Ca =

$$0.3742 \text{ s}^2 + 1.485 \text{ s} + 0.9416$$

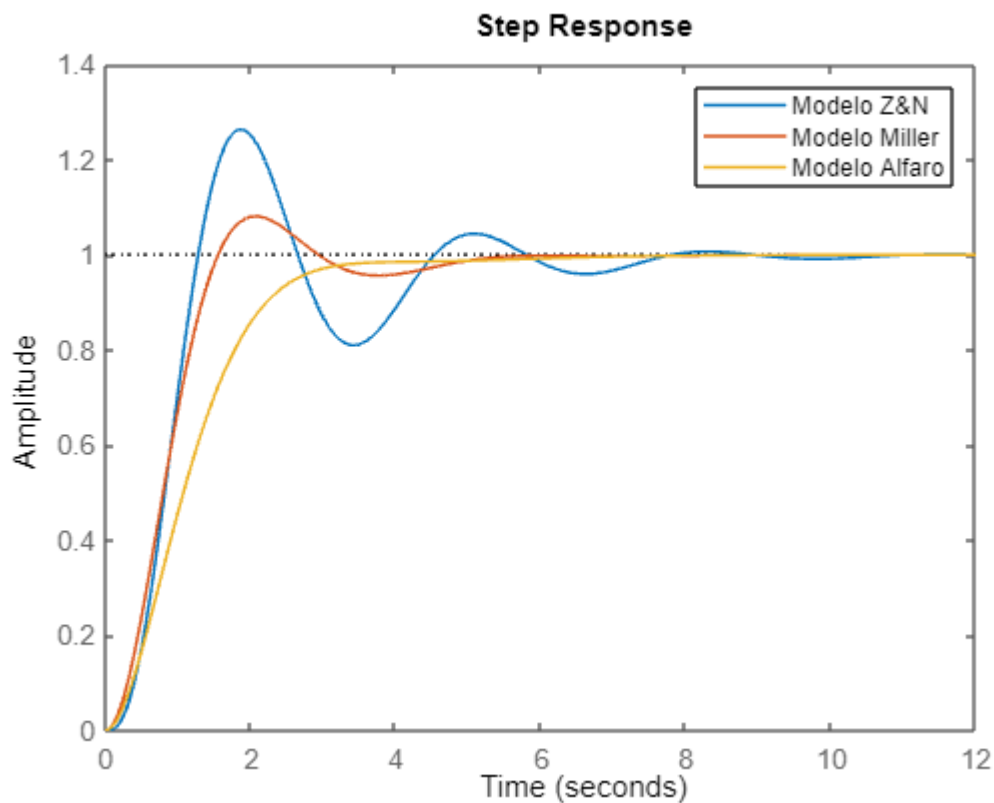
```
-----
1.577 s

Continuous-time transfer function.
```

```
Ga = tf(K, [tau 1], 'inputDelay', to) ; % modelo de Alfaro
```

Resultados

```
Go_zn = feedback(G*Czn,1); % Función de transferencia en lazo cerrado con retroalimentación
Go_m = feedback(G*Cm,1);
Go_a = feedback(G*Ca,1);
clf
step(Go_zn, Go_m, Go_a)
hold on
legend('Modelo Z&N', 'Modelo Miller', 'Modelo Alfaro')
```



En la gráfica anterior se puede observar que con métodos optimizados como el coeficiente de ajustabilidad mejora significativamente tanto el sobre-impulso como el tiempo de establecimiento.

Conclusiones

Después de las pruebas realizadas con diferentes modelos identificados y métodos de sintonización que siguen diferentes paradigmas se puede concluir lo siguiente:

- La respuesta de los métodos optimizados como el coeficiente de ajustabilidad ofrecen respuestas temporales mas suaves, con menos oscilaciones.
- En comparación con el método de Ziegler & Nichols , el método del coeficiente de ajustabilidad reduce los tiempos de establecimiento y la magnitud de los sobre-impulsos
- Las ganancias proporcionales de los métodos optimizados son mucho menores que las ganancias de métodos como Ziegler y Nichols