

Fase 4: Diseño del regulador PID

Parámetros iniciales:

```
clear  
  
Ts = 0.035;  
ts = 1.12;  
errp = 0;  
BoG = zpk([],0.8752, 0.0251, Ts);
```

Con oscilación nula para entrada escalón.

$$BoG(z) = \frac{0.0251}{z - 0.8752} \left[\frac{m/s}{V} \right]$$

Ejercicio 15: Calcular la FdeT del regulador PID.

Módulo del polo buscado:

```
ks = round(ts/Ts);  
mod_p = exp(-3/ks);  
fprintf('El módulo del polo es: %.4f.\n', mod_p)
```

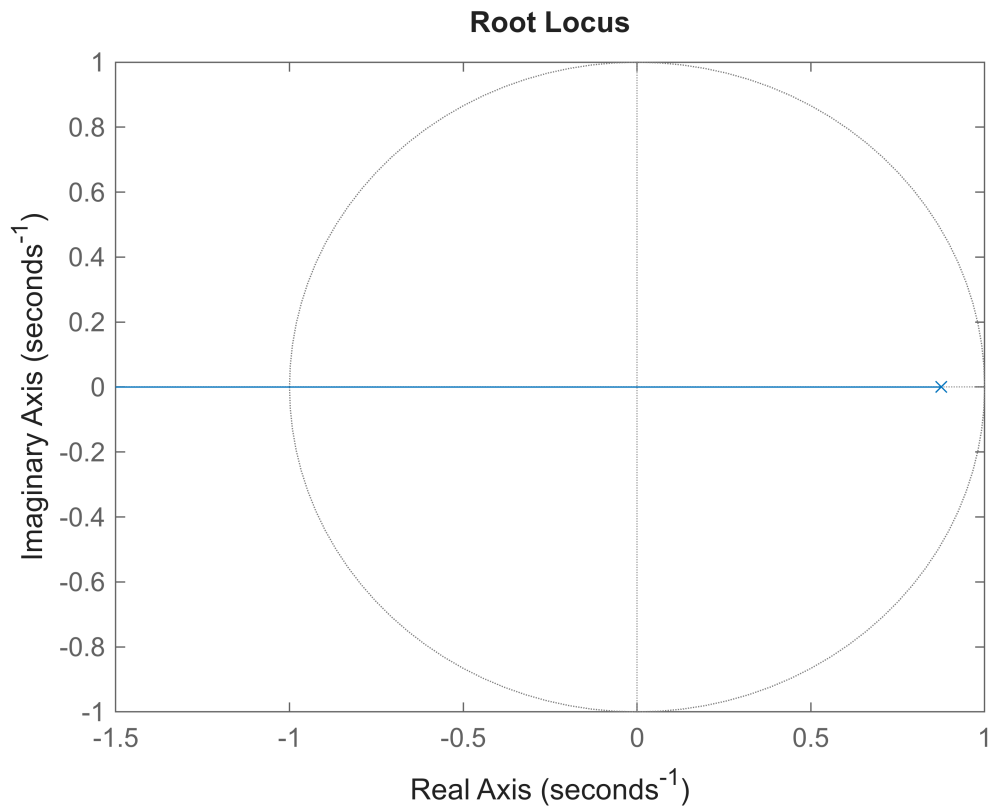
El módulo del polo es: 0.9105.

Como tiene oscilación nula, el polo solo puede estar en el eje real positivo, por lo que:

$$p = 0.9105$$

Regulador P:

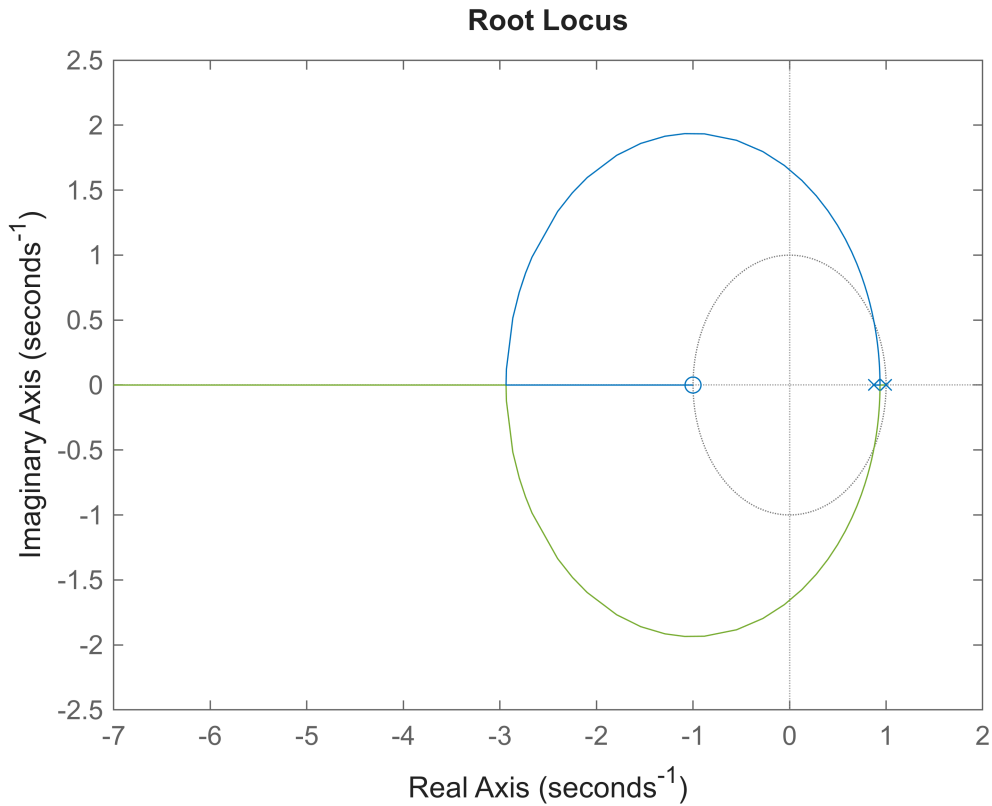
```
rlocus(BoG)
```



No puede ser un regulador P ya que no hay ninguna k_p para la que el polo sea el buscado.

Regulador I:

```
Fz = zpk(-1, [0.8752 1], 1, Ts);  
rlocus(Fz)
```



No puede ser un regulador I ya que el polo no sería dominante.

Regulador PI:

En primer lugar, el cero elimina el polo no dominante para asegurarnos de que el polo dominante es el que vale lo buscado. Eso se consigue con un regulador:

$$F(z) = K \cdot \frac{z - 0.8752}{z - 1}$$

Ahora falta encontrar el valor de k para el que el polo vale 0.9105. Para ello aplicamos la condición modular:

$$|K| = \frac{1}{|X|} = \left| \frac{z - 1}{0.0251} \right| = \left| \frac{0.9105 - 1}{0.0251} \right| = 3.5657$$

Finalmente, la función del regulador queda:

$$F(z) = 3.5657 \cdot \frac{z - 0.8752}{z - 1}$$

$$F(z) = \frac{3.5657 - 3.1207z^{-1}}{1 - z^{-1}}$$

$$a[k] = a[k - 1] + 3.5657e[k] - 3.1207e[k - 1]$$

Parámetros de sintonía:

$$T_i = \frac{T_s}{2} \cdot \frac{1+c}{1-c} = \frac{0.035}{2} \cdot \frac{1+0.8752}{1-0.8752} = 0.2629s$$

$$K_p = K \cdot \frac{2T_i}{2T_i + T} = 3.5657 \cdot \frac{2 \cdot 0.2629}{2 \cdot 0.2629 + 0.035} = 3.3432$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{3.3432}{0.2629} = 12.7166$$

$$q_0 = K_p + \frac{K_i \cdot T}{2} = 3.5657$$

$$q_1 = -K_p + \frac{K_i \cdot T}{2} = -3.1207$$

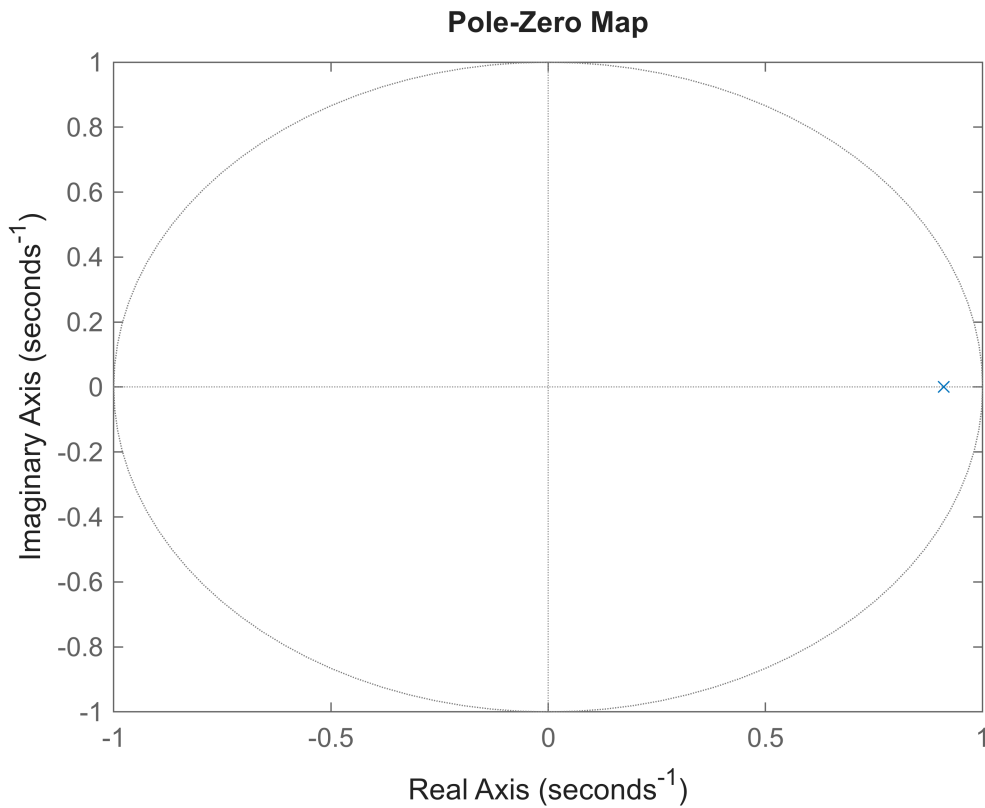
$$F(z) = \frac{3.5657z^2 - 3.1207z}{z(z-1)}$$

```
K = 3.5657;
Ti = (Ts/2) * ((1+0.8752)/(1-0.8752));
Kp = K * (2*Ti)/(2*Ti+Ts);
Ki = Kp/Ti;
q0 = Kp + (Ki*Ts)/2;
q1 = -Kp + (Ki*Ts)/2;
Fz = minreal(tf([q0 q1 0], [1 -1 0], Ts));
```

$$F(z) = \frac{3.566z - 3.121}{z - 1} \left[\frac{V}{m/s} \right]$$

Ejercicio 16: Calcular la FdeT del sistema y obtener los polos.

```
Mz = minreal(feedback(series(Fz, BoG), 1));
pzplot(Mz)
```



```
p = pole(Mz);
fprintf('El polo es: %.4f.\n', p)
```

El polo es: 0.9105.

$$M(z) = \frac{0.0895}{z - 0.9105} \left[\frac{m/s}{m/s} \right]$$

Ejercicio 17: Caracterizar en régimen transitorio y permanente la salida a entradas escalón ± 1 m/s.

Régimen permanente:

Entrada escalón +1m/s:

$$c(\infty) = R \cdot \lim_{z \rightarrow 1} \frac{0.0895}{z - 0.9105} = 1 \cdot 1 = 1m/s$$

Entrada escalón -1m/s:

$$c(\infty) = R \cdot \lim_{z \rightarrow 1} \frac{0.0895}{z - 0.9105} = -1 \cdot 1 = -1m/s$$

Régimen transitorio:

Polo real simple -> Sistema sobreamortiguado.

$$p = 0.9105$$

$$k_s = \frac{-3}{\ln(|p|)} = \frac{-3}{\ln(0.9105)} = 32$$

$$t_s = k_s \cdot T_s = 1.12s$$

Ejercicio 18: Acción de control y velocidad de la escalera en régimen permanente para entradas escalón ± 1 m/s.

$$c(\infty) = R \cdot k_0[M(z)_{\text{escalón}}] - \text{Perturbación} \cdot k_0[M(z)_{\text{perturbación}}]$$

$$A(\infty) = \frac{c(\infty) + \text{Perturbación}}{k_0[\text{BoG}]}$$

Velocidad de la escalera y Acción de control con 0 personas:

Entrada +1 m/s:

```
escalera(BoG, Fz, 1, 0);
```

La salida con entrada escalón 1 m/s y perturbación 0.0 m/s es: 1.0000 m/s.

La señal de acción con entrada escalón 1 m/s y perturbación 0.0 m/s es: 4.9721 V.

Entrada -1 m/s:

```
escalera(BoG, Fz, -1, 0);
```

La salida con entrada escalón -1 m/s y perturbación 0.0 m/s es: -1.0000 m/s.

La señal de acción con entrada escalón -1 m/s y perturbación 0.0 m/s es: -4.9721 V.

Velocidad de la escalera y Acción de control con 5 personas:

Entrada +1 m/s:

```
escalera(BoG, Fz, 1, 0.1);
```

La salida con entrada escalón 1 m/s y perturbación 0.1 m/s es: 1.0000 m/s.

La señal de acción con entrada escalón 1 m/s y perturbación 0.1 m/s es: 5.4693 V.

Entrada -1 m/s:

```
escalera(BoG, Fz, -1, 0.1);
```

La salida con entrada escalón -1 m/s y perturbación 0.1 m/s es: -1.0000 m/s.

La señal de acción con entrada escalón -1 m/s y perturbación 0.1 m/s es: -4.4749 V.

Velocidad de la escalera y Acción de control con 10 personas:

Entrada +1 m/s:

```
escalera(BoG, Fz, 1, 0.2);
```

La salida con entrada escalón 1 m/s y perturbación 0.2 m/s es: 1.0000 m/s.

La señal de acción con entrada escalón 1 m/s y perturbación 0.2 m/s es: 5.9665 V.

Entrada -1 m/s:

```
escalera(BoG, Fz, -1, 0.2);
```

La salida con entrada escalón -1 m/s y perturbación 0.2 m/s es: -1.0000 m/s.

La señal de acción con entrada escalón -1 m/s y perturbación 0.2 m/s es: -3.9777 V.

Conclusión:

Cuanto más personas se suben a la escalera, mayor es el peso que ejercen:

- En el caso de la subida, la señal de acción aumenta dado que se necesita más energía para mover la escalera y que se mantenga constante la velocidad.
- En el caso de la bajada, cuando mayor es el peso, más facilidad tiene la escalera para bajar, por lo que la señal de control disminuye (en módulo) para que pueda mantenerse constante la velocidad.