# 1. Actividad Práctica Nº1 Representación de sistemas y control PID

**Se debe redactar un informe que debe realizarse de manera individual por cada estudiante. Dicho informe debe contener:**

**1- todos los resultados correctos de las consignas dadas.**

**2- un resumen de las lecciones aprendidas, relacionadas a los Indicadores de logro de la competencia en la que el estudiante se está formando, descritas en https://fcefyn.aulavirtual.unc.edu.ar/course/view.php?id=408#section-4.**

**3- detalles de problemas que aparecieron, las fuentes de datos, enlaces etc., repositorios GitHub generando así Recomendaciones finales o Conclusiones parciales de la actividad.**

**Titular el archivo del informe del modo Apellido_Nombre_TPN1.pdf y subir un único archivo en la solapa correspondiente con los ejercicios resueltos.**

**Calificación del avalúo: Para que la actividad Nº1 esté completa, deben resolverse correctamente los cuatro casos de estudio propuestos. Si alguna de los cuatro falta, la actividad no será considerada como realizada.**

## Caso de estudio 1. Sistema de dos variables de estado

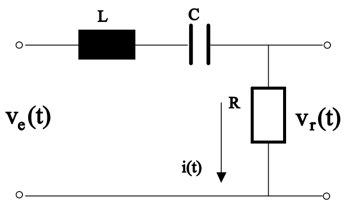


Fig. 1-1. Esquemático del circuito RLC.

Sea el sistema eléctrico de la Fig. 1-1, con las representaciones en variables de estado

$$\dot{x} = A\, x(t) + b\, u(t) \tag{1-1}$$

$$y = c^T x(t) \tag{1-2}$$

donde las matrices contienen a los coeficientes del circuito,

$$A = \begin{bmatrix} -R/L & -1/L \\ 1/C & 0 \end{bmatrix},\ b = \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix}, \tag{1-3}$$

$$c^T = \begin{bmatrix} R & 0 \end{bmatrix}. \tag{1-4}$$

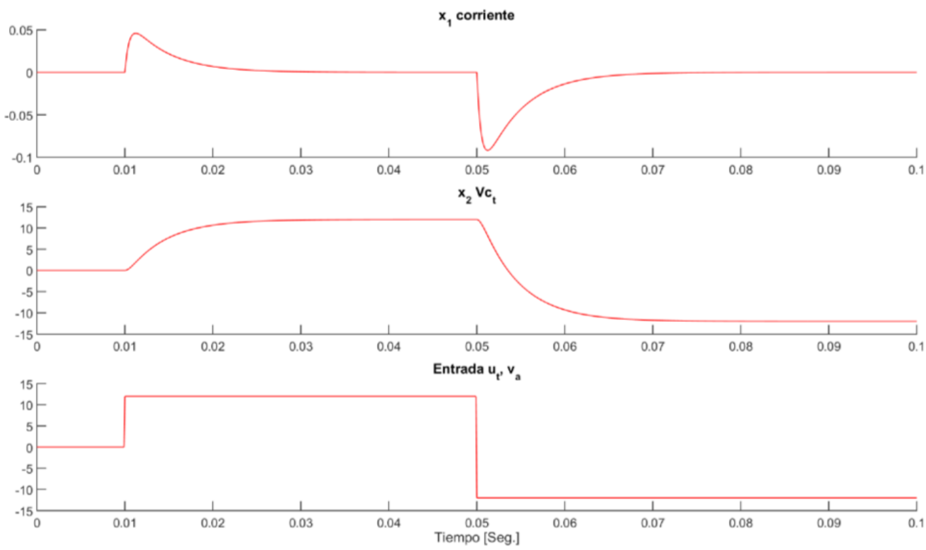


Fig. 1-2. Curvas del circuito RLC para una entrada de 12V.

1- Asignar valores a R=4,7KΩ, L=10µHy, y C=100nF. Obtener simulaciones que permitan estudiar la dinámica del sistema, con una entrada de tensión escalón de 12V, que cada 1ms cambia de signo.
2- Asignar valores a R=5,6KΩ, L=10µHy, y C=100nF; repetir lo anterior para comparar el resultado y verificar la correcta simulación.
3- En el archivo Curvas_Medidas_RLC.xls (datos en la hoja 1 y etiquetas en la hoja 2) encontrarán las series de datos que deberían emplear para deducir los valores de R, L y C del circuito. Emplear el método de la respuesta al escalón, tomando como salida la tensión en el capacitor.
4- Una vez determinados los parámetros R, L y C, emplear la serie de corriente desde 0.05seg en adelante para validar el resultado.

## Caso de estudio 2. Sistema de tres variables de estado

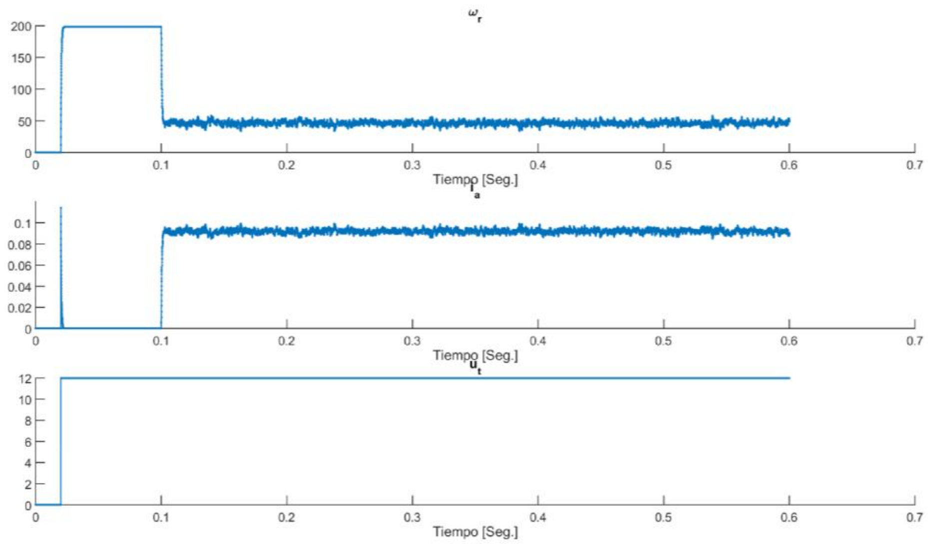


Fig. 1-3. Curvas de un motor CC para una entrada de 12V.

Dadas las ecuaciones del motor de corriente continua con torque de carga $T_L$ no nulo, con los parámetros $L_{AA}$=366 $10^{-6}$; J=5 $10^{-9}$; $R_A$=55,6; B=0; $K_i$=6,49 $10^{-3}$; $K_m$=6,53 $10^{-3}$:

$$\frac{di_a}{dt} = -\frac{R_A}{L_{AA}} i_a - \frac{K_m}{L_{AA}} \omega_r + \frac{1}{L_{AA}} v_a \tag{5}$$

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{K_i}{J} i_a - \frac{B_m}{J} \omega_r - \frac{1}{J} T_L \tag{6}$$

$$\frac{d\theta_t}{dt} = \omega_r . \tag{7}$$

Implementar un algoritmo de simulación para inferir el comportamiento de las variables interés mediante integración Euler con $\Delta t=10^{-7}$ segundos para:

1- Obtener el torque máximo que puede soportar el motor modelado mediante las Ecs. (5) (6) y (7) cuando se lo alimenta con 12V, graficando para 5 segundos de tiempo la velocidad angular y corriente $i_a$.
2- Mostrar simulaciones de 5 segundos que permitan observar la corriente $i_a$ en todo momento y establecer su valor máximo como para dimensionar dispositivos electrónicos.
3- A partir de las curvas de mediciones de las variables graficadas en la Fig. 1-3, se requiere obtener el modelo del sistema considerando como entrada un escalón de 12V, como salida a la velocidad angular, y a partir de 0,1segundo se aplica un $T_L$ aproximado de 7,5 $10^{-2}$ Nm. En el archivo Curvas_Medidas_Motor.xls están las mediciones, en la primer hoja los valores y en la segunda los nombres. Se requiere obtener el modelo dinámico, para establecer las constantes de la corriente.
4- Implementar un PID en tiempo discreto para que el ángulo del motor permanezca en una referencia de 1radian. (Tip: partir de $K_P$=0,1; $K_i$=0,01; $K_D$=5).

## Caso de estudio 3. Sistema lineal de cuatro variables de estado

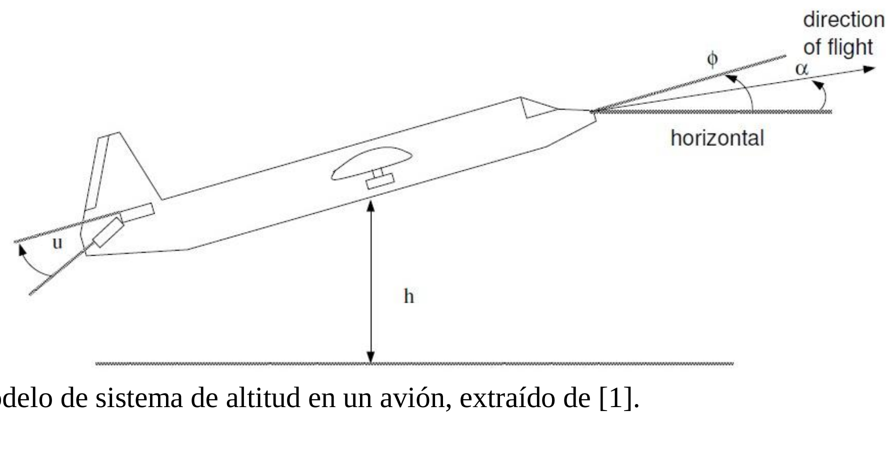


Fig. 1-4. Modelo de sistema de altitud en un avión, extraído de [1].

Para el caso de la Fig. 1-4, modelo válido sólo para pequeños ángulos, se tiene

$$\begin{cases} \dot{\alpha} = a(\phi - \alpha) \\ \ddot{\phi} = -\omega^2(\phi - \alpha - b \cdot u) \\ \dot{h} = c\alpha \end{cases} \tag{1-8}$$

donde $\omega>0$ representa la frecuencia natural, y los coeficientes *a b* son constantes positivas, *u* es la variable manipulada y es proporcional a la posición de los elevadores, $\phi$ (ángulo de cabeceo) en radianes, vuela a *c* metros por segundo, su trayectoria de vuelo forma un ángulo $\alpha$ con la horizontal (si $\alpha>0$ sube, si $\alpha<0$ desciende) Elegir $x_1=\alpha$, $x_2=\phi$, $x_3=\dot{\phi}$ y $x_4=h$. Se pide,

1- Obtener el sistema lineal en variables de estado para el equilibrio $x=\begin{bmatrix}0 & 0 & 0 & 0\end{bmatrix}^T$.
2- Obtener la solución numérica del sistema lineal para evaluar cuantitativamente el comportamiento con intención de verificar el correcto planteo. Para hacerlo, se le asignan los valores siguientes a los parámetros, son $\omega=2$; $a=0{,}05$; $b=5$; $c=100$ m/s, (es decir, 360Km/h), $\Delta t=10^{-3}$; y el tiempo de simulación de 5 segundos.
3- Obtener la solución numérica del sistema lineal para $c=50$ m/s, (es decir, 180Km/h), $\Delta t=10^{-3}$; y el tiempo de simulación de 20 segundos.

## Caso de estudio 4. Sistema no lineal de cuatro variables de estado

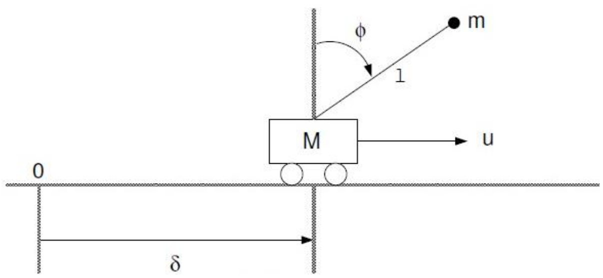


Fig. 1-5. Sistemas para modelar, extraído de [1].

Para el caso del esquema del péndulo invertido de la Fig. 1-5 se tiene,

$$\begin{cases}(M+m)\ddot{\delta}+ml\ddot{\phi}\cos\phi-ml\dot{\phi}^2\operatorname{sen}\phi+F\dot{\delta}=u\\ l\ddot{\phi}-g\operatorname{sen}\phi+\ddot{\delta}\cos\phi=0\end{cases}\qquad(9)$$

donde el sistema lineal en variables de estado $x=\begin{bmatrix}\delta & \dot{\delta} & \phi & \dot{\phi}\end{bmatrix}^T$, con los valores de los coeficientes de $m=0{,}1$; $F=0{,}1$; $l=0{,}6$; $g=9{,}8$; $M=0{,}5$ y $\Delta t=10^{-4}$ seg, tomando un tiempo de simulación de 5 segundos con $u=0$.

Se pide:

1- Obtener simulaciones del sistema (9) en las condiciones iniciales $x_0=\begin{bmatrix}0 & 0 & -0{,}01 & 0\end{bmatrix}^T$ y $x_0=\begin{bmatrix}0 & 0 & 3{,}01 & 0\end{bmatrix}^T$, empleando una integración Euler con $\Delta t=10^{-4}$. El tiempo de simulación será de 10 segundos en cada caso, con $u=0$.
2- Modificar la masa *m* al doble y repetir la operación.
3- Obtener la representación lineal en variables de estado para el equilibrio inestable $x=\begin{bmatrix}0 & 0 & 0 & 0\end{bmatrix}^T$.
4- Obtener la solución numérica de los dos sistemas, del lineal y del no lineal para evaluar cuantitativamente la equivalencia, modificando *m* de 0,1 a 0,01 y la longitud l a 1,2m.
5- Obtener el sistema lineal para el equilibrio estable $x=\begin{bmatrix}0 & 0 & \pi & 0\end{bmatrix}^T$.
6- Obtener la solución numérica de los dos sistemas, del lineal y del no lineal para evaluar cuantitativamente la equivalencia en el equilibrio estable modificando *m* de 0,1 a 0,5 y cambiar la longitud *l* a 12m.

[1] Sontag. Mathematical control theory 1998. Pag 104. http://www.sontaglab.org.