

---

---

# CAPÍTULO 1

---

## VERIFICACIONES DE LOS PARÁMETROS OBTENIDOS

Una vez caracterizado el sistema en cuanto a las ecuaciones que lo gobiernan y los parámetros involucrados se busca validar dichos resultados por medios alternativos. Como puede observarse en las ecuaciones ?? se tiene un subsistema que es independiente del resto de las variables, el de los ángulos de Euler y las velocidades angulares. Es fundamental que este sistema se encuentre bien caracterizado a fin de desarrollador un controlador adecuado para el mismo.

Si restringimos el movimiento del cuadricóptero a un giro según la dirección  $\vec{x}_q$  las ecuaciones que gobiernan al sistema linealizado en torno a las condiciones  $\psi = \omega_{qx} = 0$  y  $\omega_1 = \omega_3 = \omega_{hovering}$  son:

$$\begin{pmatrix} \dot{\psi} \\ \dot{\omega}_{qx} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -\frac{MgL'}{I_{xx}} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \psi \\ \omega_{wx} \end{pmatrix} + b \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_2 \\ \omega_4 \end{pmatrix} \quad (1.1)$$

Donde

$$b = L \frac{2b_1\omega_{hovering} + b_2}{I_{xx}} \quad (1.2)$$

La transferencia del sistema entre el ángulo  $\psi$  y la diferencia  $\omega_2 - \omega_4(\Delta\omega)$  tiene la forma:

$$H_\psi(s) = \frac{b}{s^2 + \frac{MgL'}{I_{xx}}} \quad (1.3)$$

Analizando la respuesta al escalón de dicho ángulo podemos obtener algunas relaciones que sirven para verificar las caracterizaciones realizadas. Inicialmente se tiene  $\Delta\omega_i = -22,4\text{rads}^{-1}$ , se aplica un escalón tal que  $\Delta\omega_f = 13,5\text{rads}^{-1}$ . En la figura 1.1 puede observarse la respuesta del ángulo  $\psi$  a dicho escalón. En primer lugar cabe aclarar que el escalón se comporta acorde al modelo realizado ya que si así fuese la oscilación no debería extinguirse, el decaimiento de la oscilación se debe a efectos no considerados en el set-up experimental, como por ejemplo la fricción.

De acuerdo a la figura 1.1 al aplicar un escalón en la entrada de  $\Delta\omega_f - \Delta\omega_i = 35,9\text{rads}^{-1}$  el ángulo  $\psi$  varía desde  $-0,22\text{rad}$  alcanzando un valor en régimen de

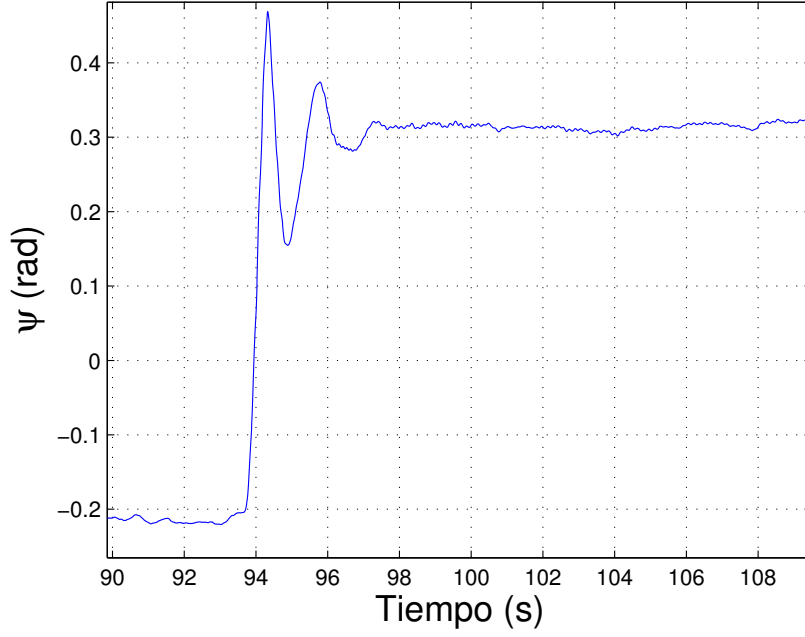


Figura 1.1: Respuesta al escalón del ángulo  $\psi$

0,33rad, la variación total de dicho ángulo es de 0,55rad. Por lo tanto la ganancia de la transferencia 1.3 es  $\frac{0,55}{35,9} \approx 0,015s$ . La ganancia de la transferencia puede expresarse además como  $H_\psi(0)$ . Por lo tanto se tiene que:

$$\frac{bI_{xx}}{MgL'} = 0,015s \quad (1.4)$$

Por otra parte, si bien la respuesta al escalón experimental no se corresponde perfectamente con el modelo teórico, puede aproximarse el período de las oscilaciones en el transitorio por el período teórico  $T_{teo} = \frac{2\pi}{\omega}$  donde  $\omega = \sqrt{\frac{MgL'}{I_{xx}}}$ . Bajo estas suposiciones el período de acuerdo a la respuesta al escalón experimental es 1,2s. Obtenemos entonces:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{MgL'}{I_{xx}}} = 5,23s \quad (1.5)$$

Si bien no es posible determinar absolutamente todos los parámetros del sistema si podemos calcular  $b$  utilizando que:

$$b = H(0)\omega^2 = 0,41s^{-1} \quad (1.6)$$

Los valores calculados a partir de los parámetros determinados experimentalmente son:

- $b = 0,35s^{-1}$
- $\omega = \sqrt{\frac{MgL'}{I_{xx}}} = 6,5s$

Los errores relativos entre los valores teóricos y experimentales para los parámetros  $b$  y  $\omega$  son del 14,6 % y del 24,32 % respectivamente. Estos errores no son para

nada despreciables y pueden introducir diferencias significativas en el comportamiento del sistema en lazo cerrado simulado y el real.