

## Micro-parcial 3

1. **Inciso e: ¿Es completamente controlable el sistema linealizado alrededor del punto de operación?**

Sí es completamente controlable por el valor de la función rank al evaluarla en la matriz A del sistema.

2. **Inciso f: ¿Corresponde esto a lo que dice su intuición?**

Sí dado que el sistema no posee control, por lo tanto solo estará dominado por la acción de la gravedad lo cual hace que el dron caiga en caída libre.

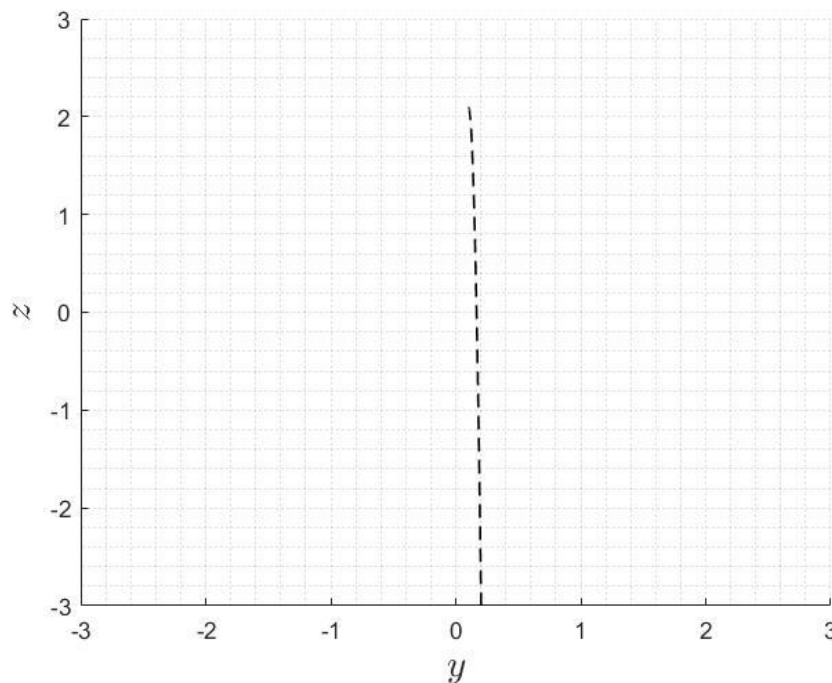


Figura 1: Respuesta del quadrotor sin control

3. **Inciso g: ¿Funcionó el controlador? Incluya en su solución una pequeña discusión que responda la pregunta, al igual que las matrices Q y R que empleó y las figuras generadas por el script.**

Sí funcionó el controlador ya que el dron se mueve un poco (dado el punto de inicio) y se mantiene estable en el punto (0,2). Las matrices que se usaron en Q y R fueron las matrices de identidad, para el caso de Q se usó la matriz identidad de tamaño 6 y para el caso de la matriz R se usó la matriz de identidad de tamaño 2.

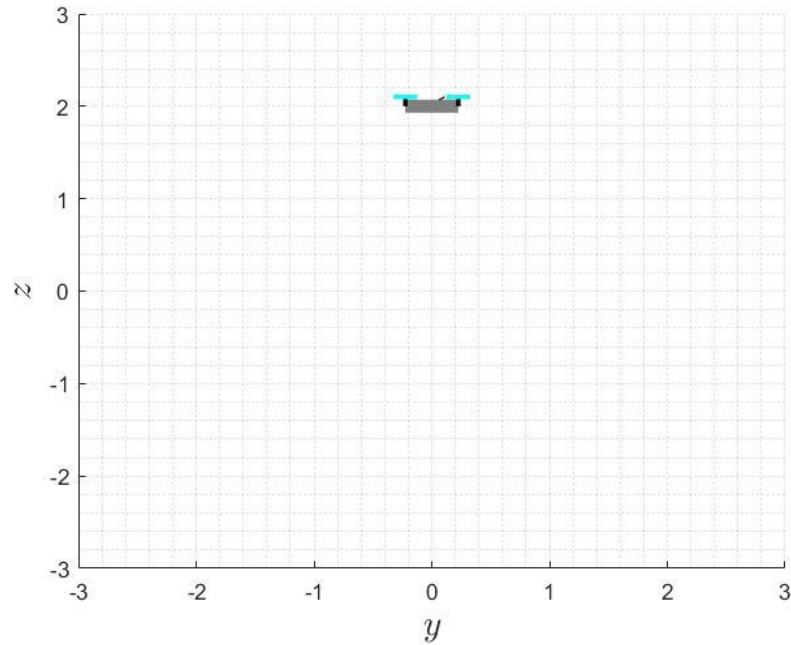


Figura 2: Respuesta del quadrotor con control y condiciones iniciales cercanas al punto de interés.

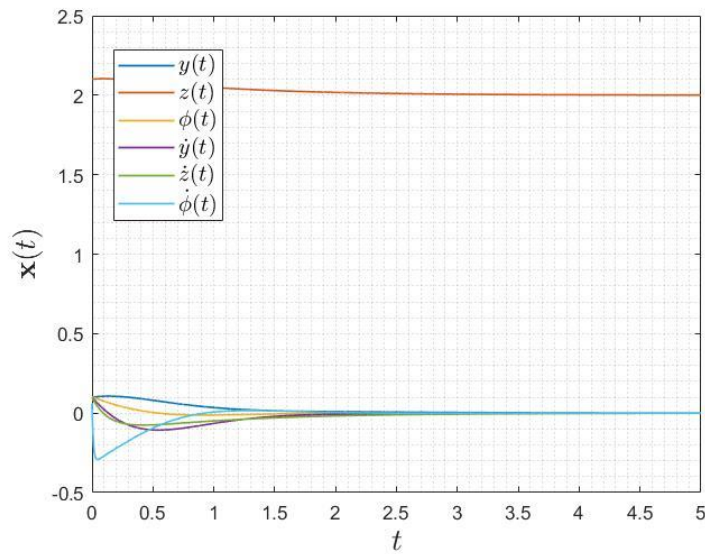


Figura 3: Respuesta de las variables de estado del sistema con control y condiciones iniciales cercanas al punto de interés.

4. Inciso h: ¿Cuál es el valor máximo (aproximado) de  $\delta$  que puede emplearse sin que deje de funcionar el controlador? (esto le da a usted un estimado de la *región de atracción* del controlador) Incluya en su solución una pequeña discusión que responda a la pregunta y que describa qué fue lo que observó conforme varió el parámetro  $\delta$ . Adicionalmente, incluya las figuras generadas para los casos con  $\delta = 2$  y  $\delta = \delta_{\max}$ .

El valor máximo de  $\delta$  que se pudo emplear sin que deje de funcionar el controlador fue de 3.62. Este valor varía la posición inicial a la que se encuentra el dron, y se observó que mientras iba cambiando dicho valor, el control del dron respondía de una manera más brusca. Esto se podía observar en la respuesta del dron durante los primeros instantes de la simulación.

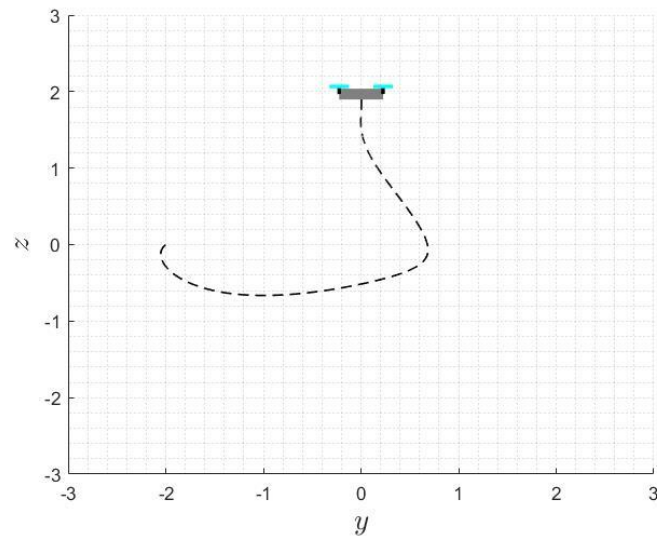


Figura 3: Respuesta del quadrotor con control y delta igual a 2

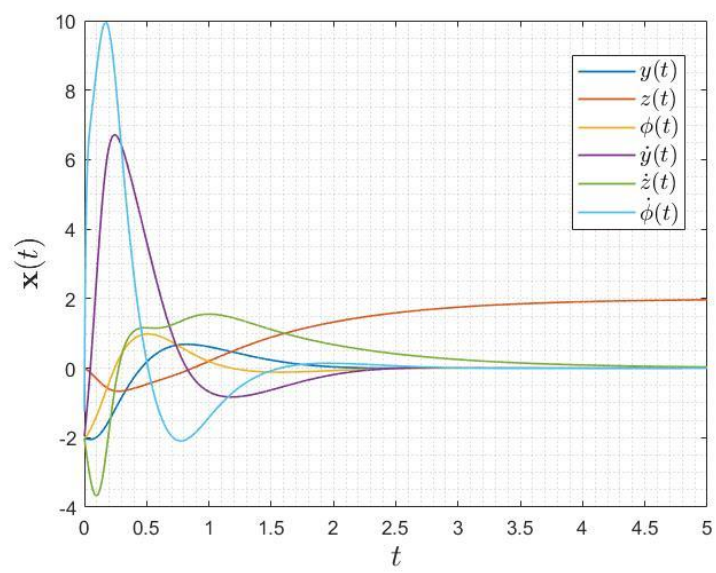


Figura 4: Respuesta de las variables de estado con control y delta igual a 2

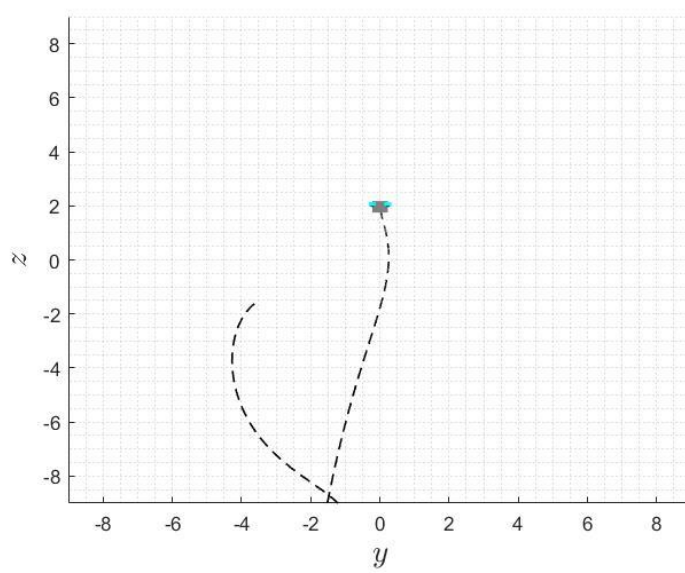


Figura 5: Respuesta del quadrotor y delta igual a 3.62

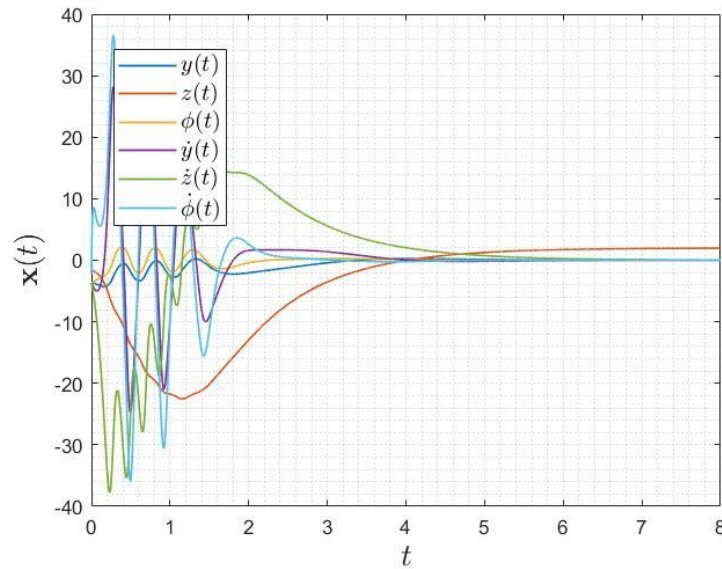


Figura 6: Respuesta de las variables de estado y delta igual a 3.62

Podemos seguir el mismo procedimiento que en el inciso anterior, pero con una condición inicial perturbada de la forma  $x_0 = [y_{ss}-\delta; z_{ss}-\delta; -\delta; -\delta; -\delta; -\delta]$ . Podemos variar gradualmente el valor de delta y observar cómo reacciona el controlador. Al aumentar delta, es posible que el sistema se vuelva inestable y comience a divergir. El valor máximo de delta que se puede emplear sin que el controlador falle depende de la ganancia del controlador, la dinámica del sistema y la región de atracción del controlador. Es importante tener en cuenta que la región de atracción puede cambiar según las condiciones del sistema

5. **Inciso i: Repita los incisos (g) y (h) pero haciendo que los valores negativos para las fuerzas de control saturan a 0, esto para que la simulación se acerque más a la situación de un dron real en donde los propellers sólo pueden ejercer fuerzas de thrust positivas. ¿Cómo cambiaron sus matrices de penalización para el LQR y la perturbación para la condición inicial? De nuevo incluya en su solución una breve discusión que responda a la pregunta.**

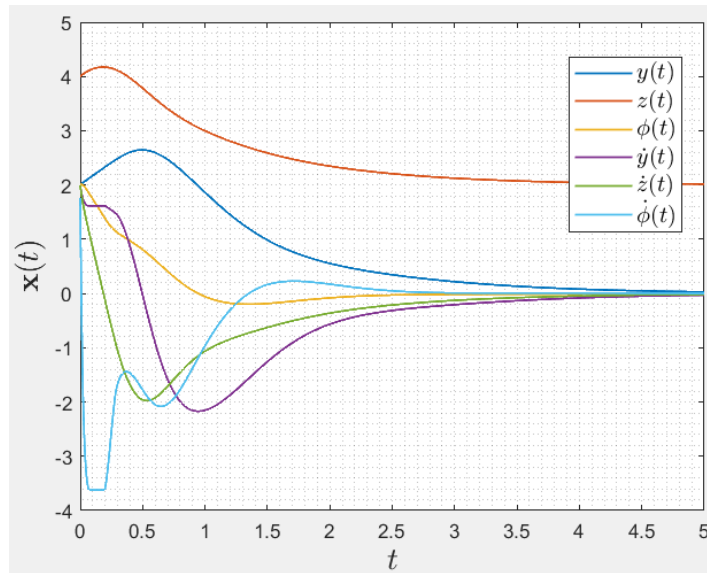


Figura 7: Respuesta del quadrotor y delta igual a 2

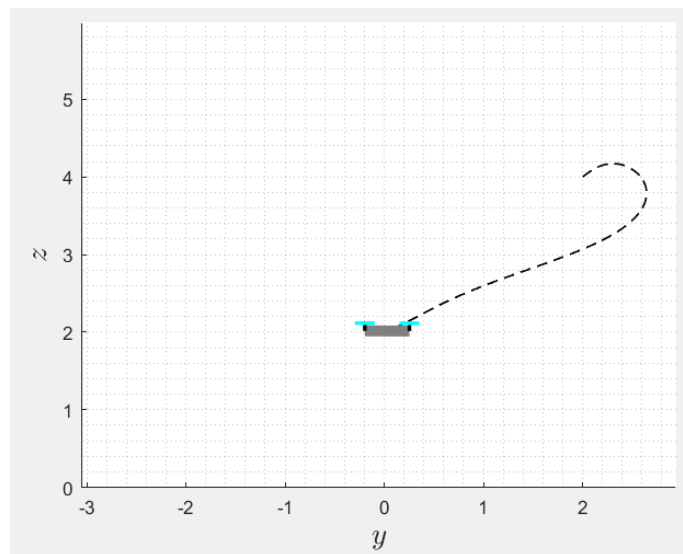


Figura 8: Respuesta de las variables de estado y delta igual a 2

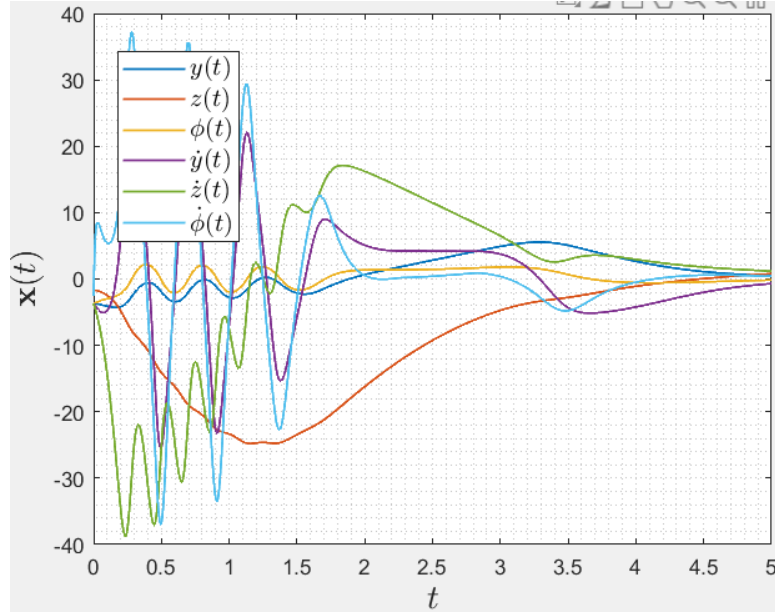


Figura 9: Respuesta del quadrotor y delta igual a 3.62

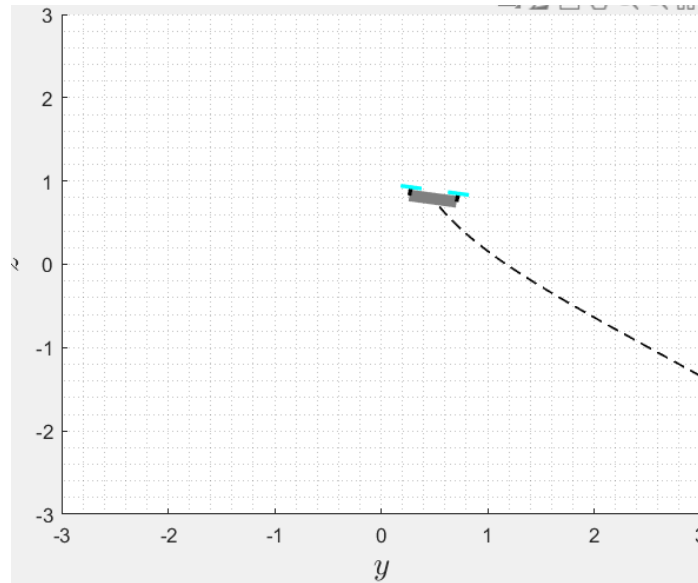


Figura 9: Respuesta de las variables de estado y delta igual a 3.62

En resumen, al hacer que los valores negativos de la fuerza de control saturan a cero, debemos ajustar la matriz de penalización de  $R$  para incluir la tasa de cambio de la fuerza de control. Para el inciso (h), podemos variar gradualmente el valor de la perturbación  $\delta$  en la condición inicial y observar cómo reacciona el controlador. El valor máximo de  $\delta$  depende de la ganancia del controlador, la dinámica del sistema y la región de atracción del controlador.