

DISEÑO DEL CONTROL DE LA MISIÓN DEL APOLO XI EN SU FASE DE ALUNIZAJE

REALIZADO POR:

-ALDEA VELAYOS, ROBERTO
-DE CHICLANA LAMA, INÉS MACARENA
-PITARCH AYZA,AITOR

ESTRATEGIA DE ALUNIZAJE

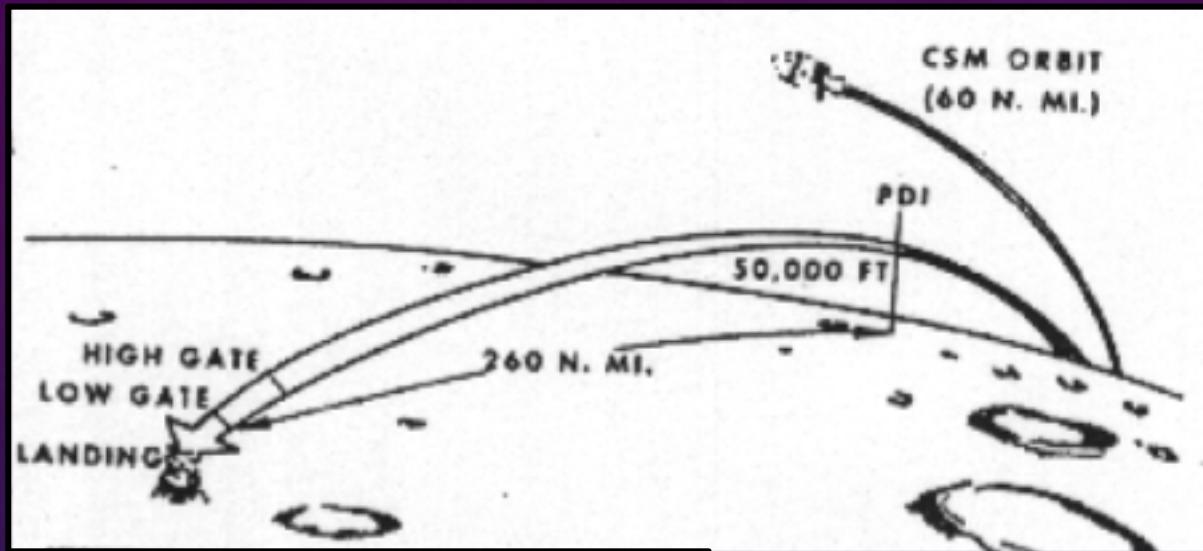
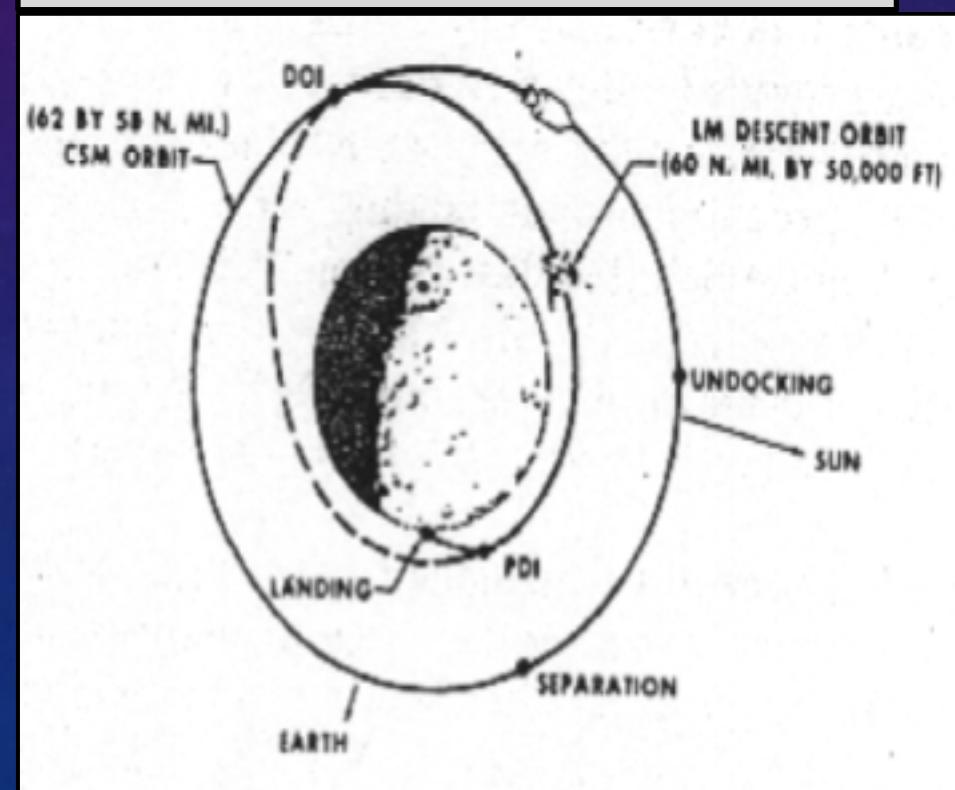


Fig. 1: Trayectoria nominal tras el PDI.

Fases	t(min)	h(m)	Criterio de diseño
PDI	0	14900	Minimizar combustible
LR vel. UPD	6,42	6900	
HG	8,26	2290	Visibilidad
LG	10,06	156	Control manual
Alunizaje	11,54	3,7	

Fig. 2: Trayectoria nominal desde la órbita lunar.



HIPÓTESIS SIMPLIFICADORAS

Como se puede apreciar en la Figura 3, todas las hipótesis tomadas se pueden aceptar ya que, utilizando la teoría del “Worst Case”, en ninguna de ellas el error sobre magnitudes de la misión supera el 3%.

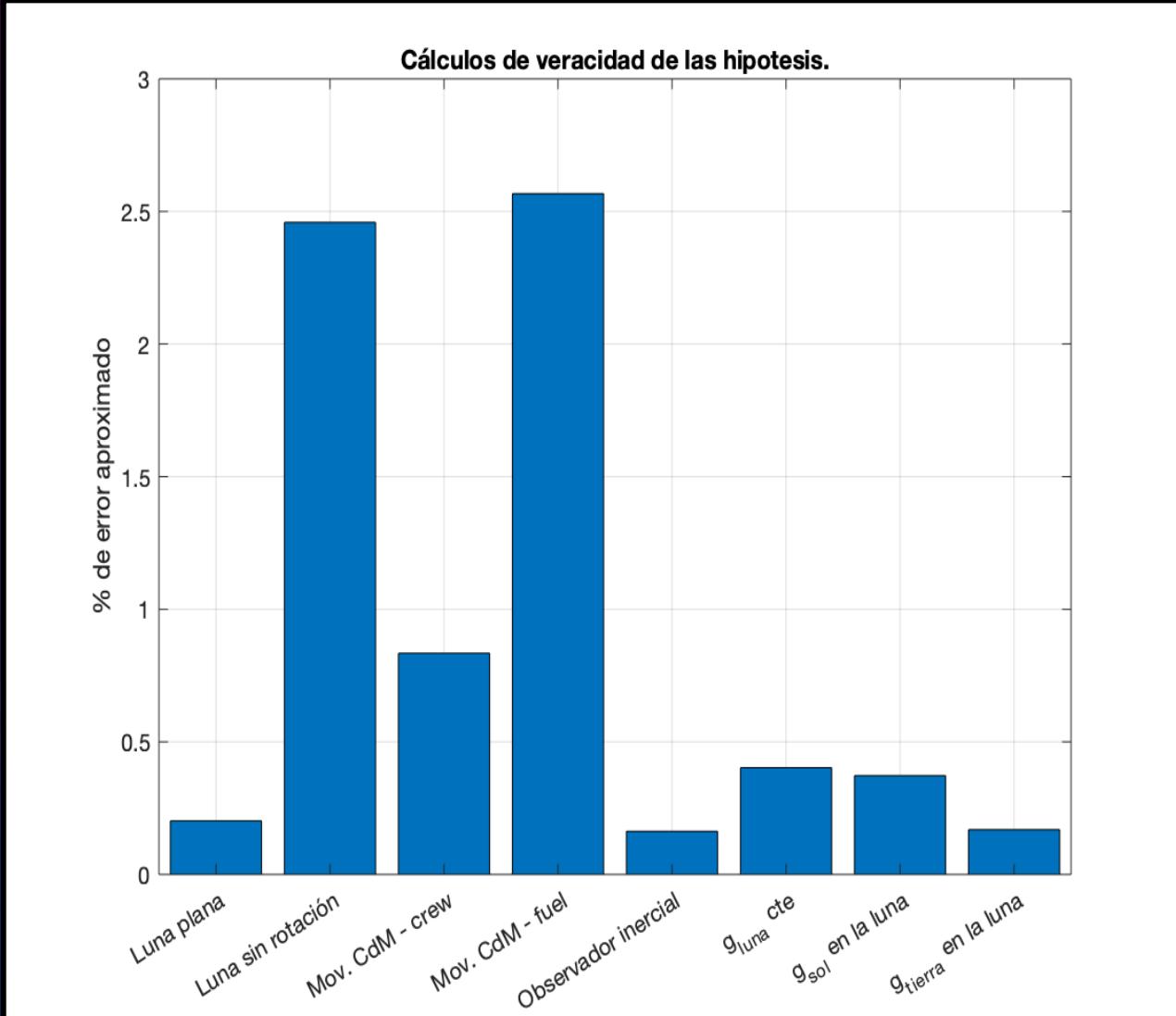
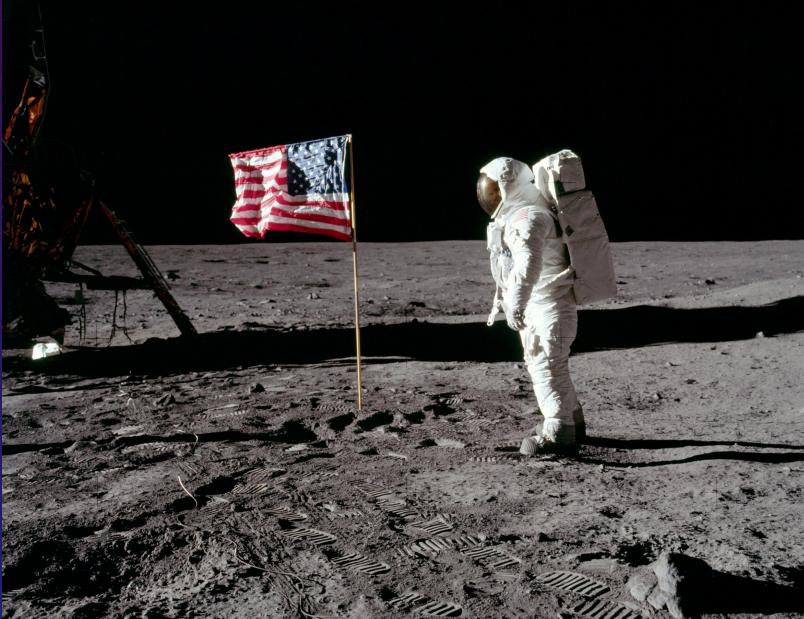


Fig. 3: Cálculos de las hipótesis.

DEFINICIÓN DE LA TRAYECTORIA NOMINAL

Paper de la NASA



Nominal_Trajectory_Design_v1.m

Fig. 5: Desplazamiento en X.

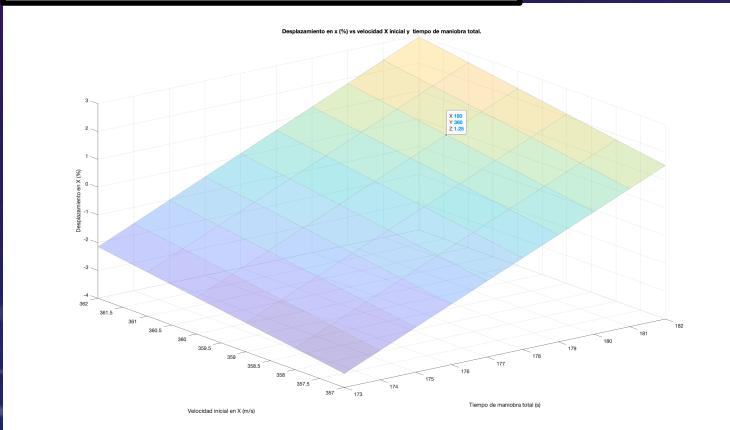


Fig. 6: Desplazamiento en Y.

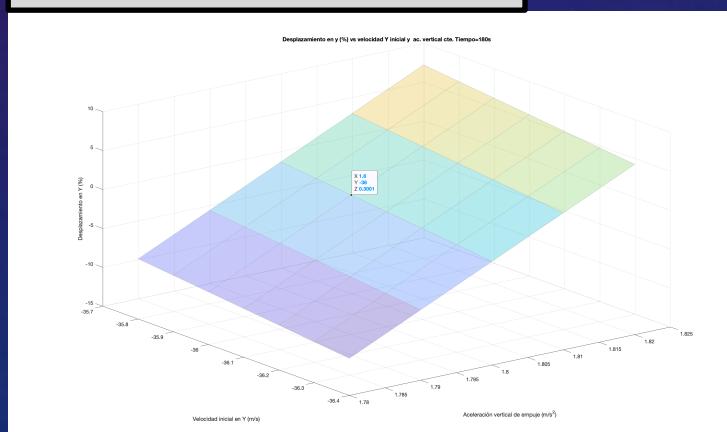


Fig. 7: Velocidad final en Y.

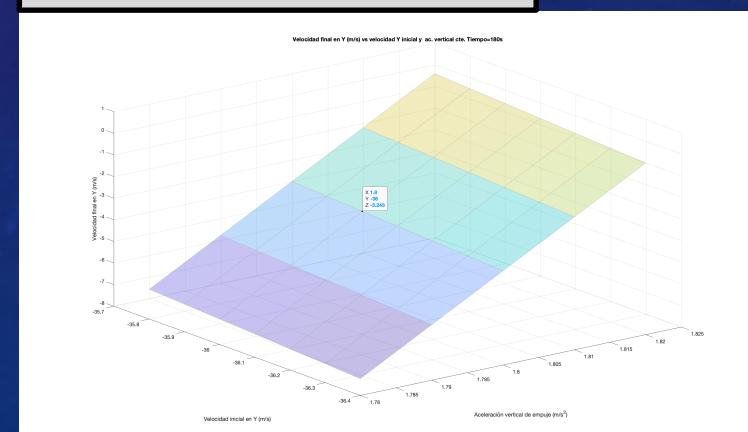


Fig. 5: Desplazamiento en X.

Desplazamiento en x (%) vs velocidad X inicial y tiempo de maniobra total.

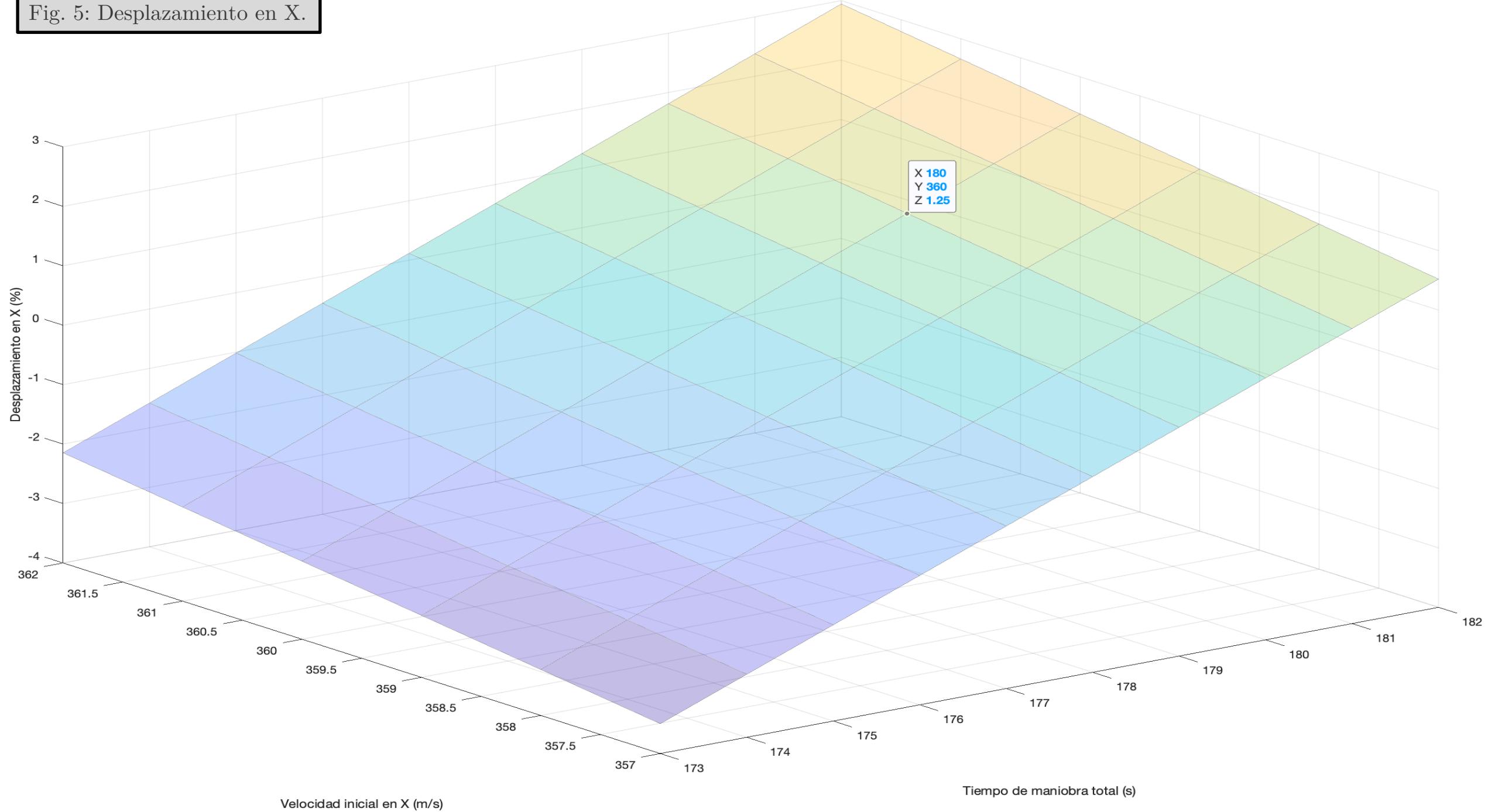
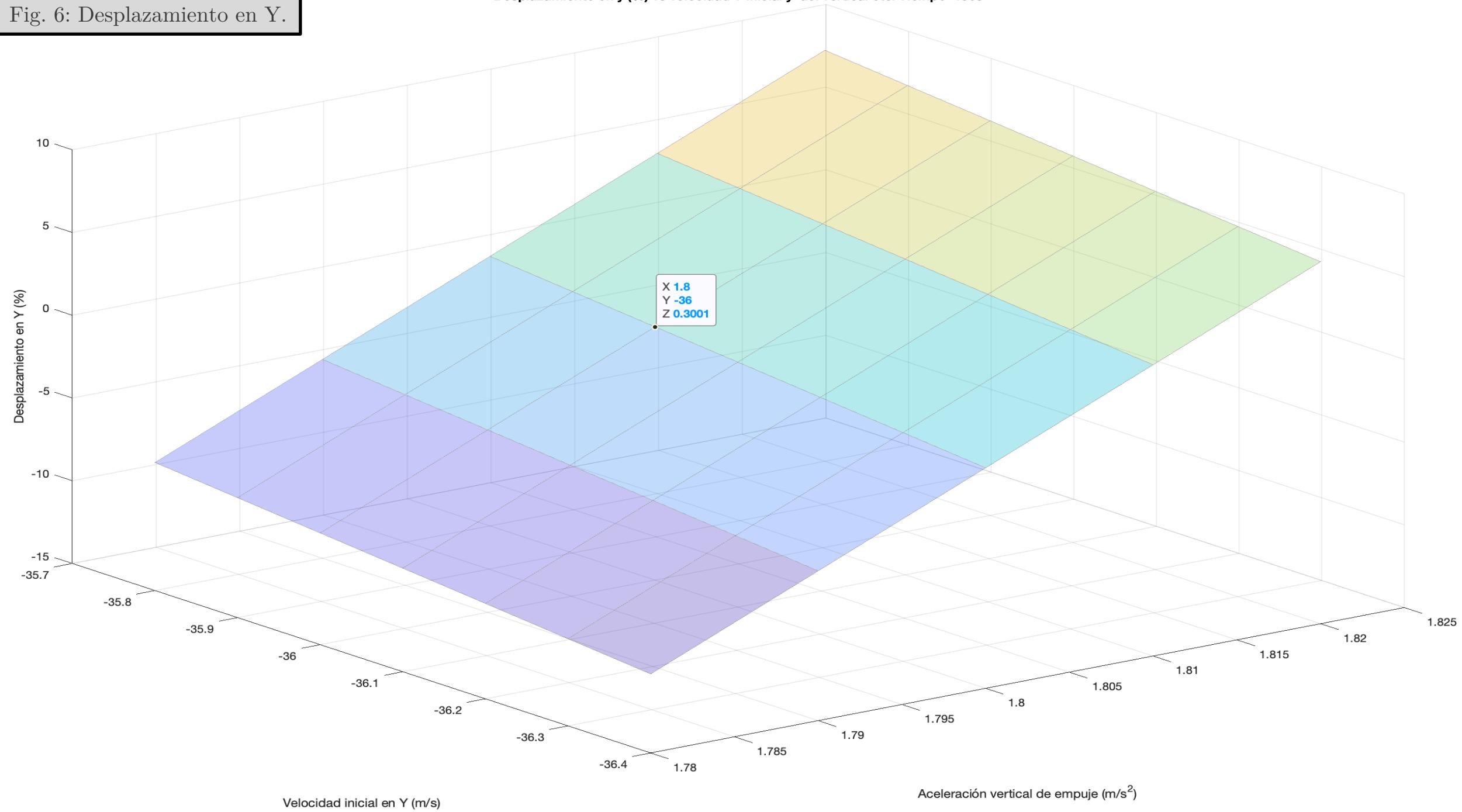


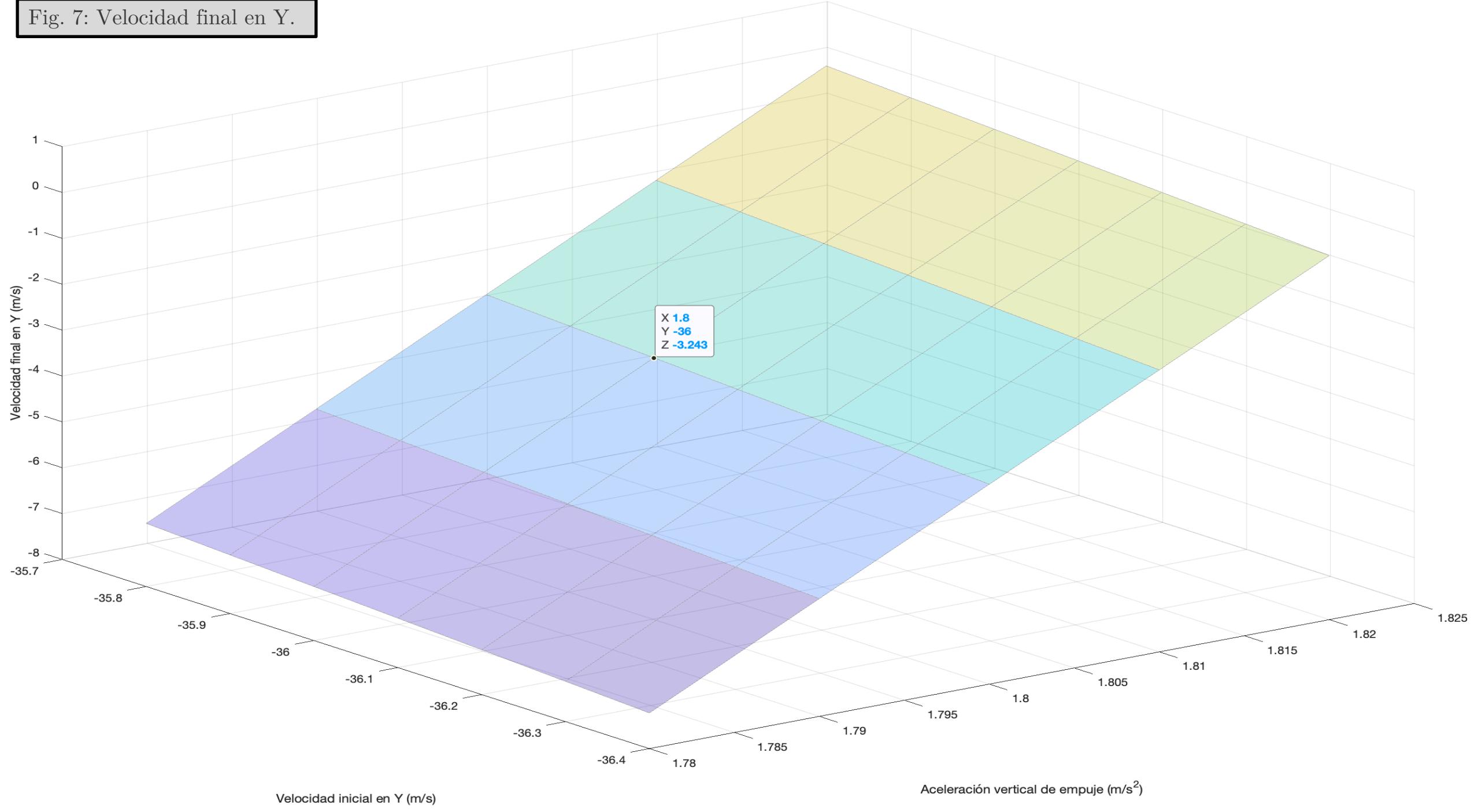
Fig. 6: Desplazamiento en Y.

Desplazamiento en y (%) vs velocidad Y inicial y ac. vertical cte. Tiempo=180s



Velocidad final en Y (m/s) vs velocidad Y inicial y ac. vertical cte. Tiempo=180s

Fig. 7: Velocidad final en Y.



TRAYECTORIA NOMINAL

Parámetros Iniciales



Nominal_Trajectory_Behaviour_v1_out_for_control.m

Fig. 8: Posición y vel. X.

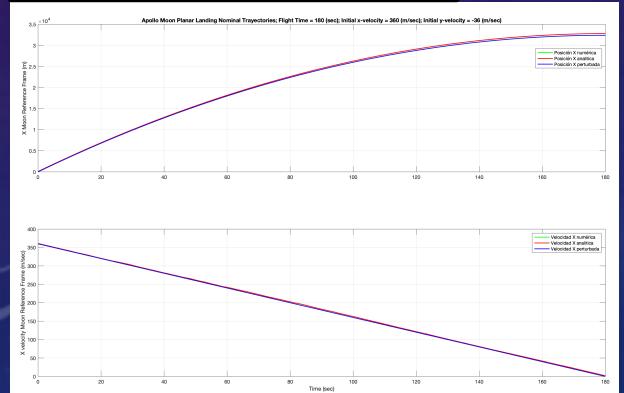


Fig. 9: Posición y vel. Y.

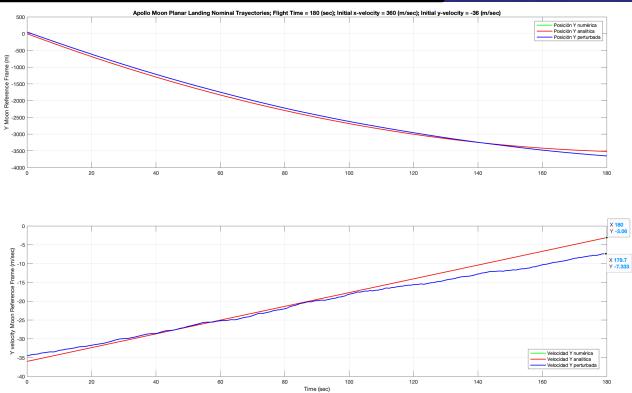


Fig. 10: Posición X-Y.

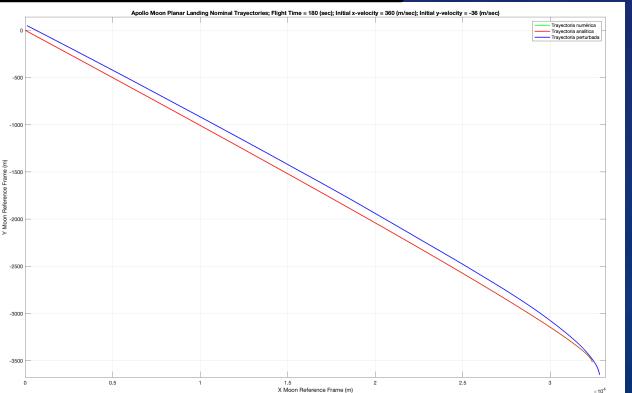


Fig. 11: Ángulos.

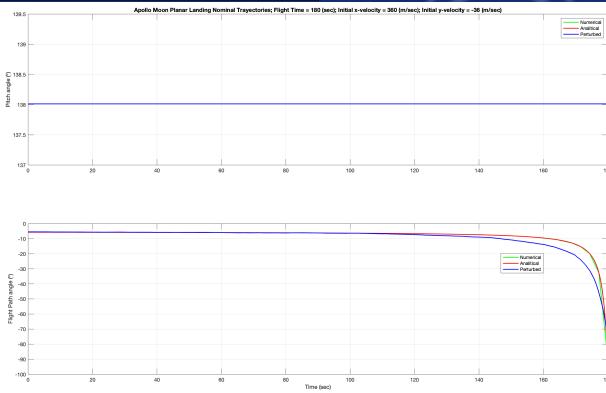


Fig. 8: Posición y vel. X.

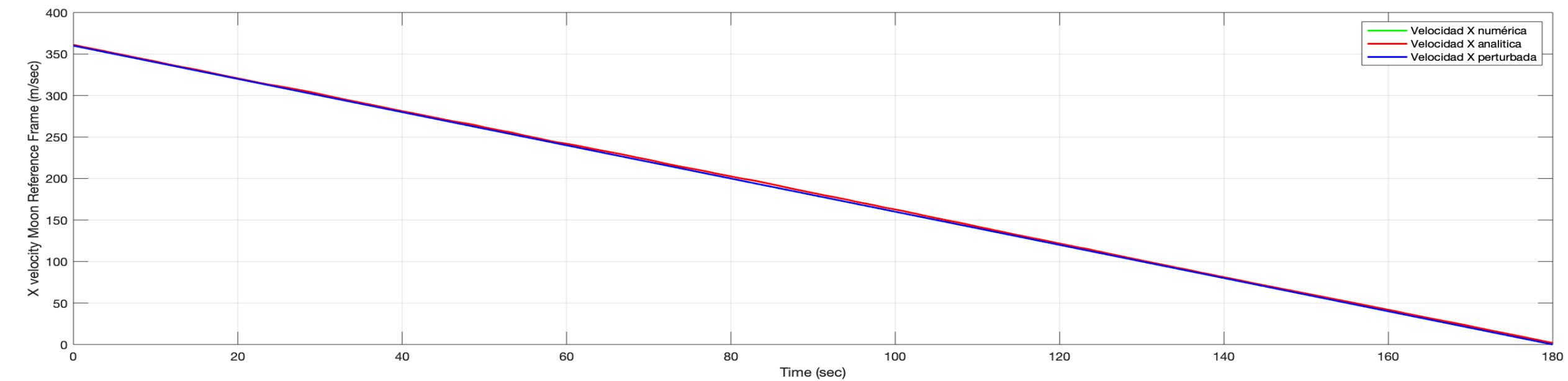
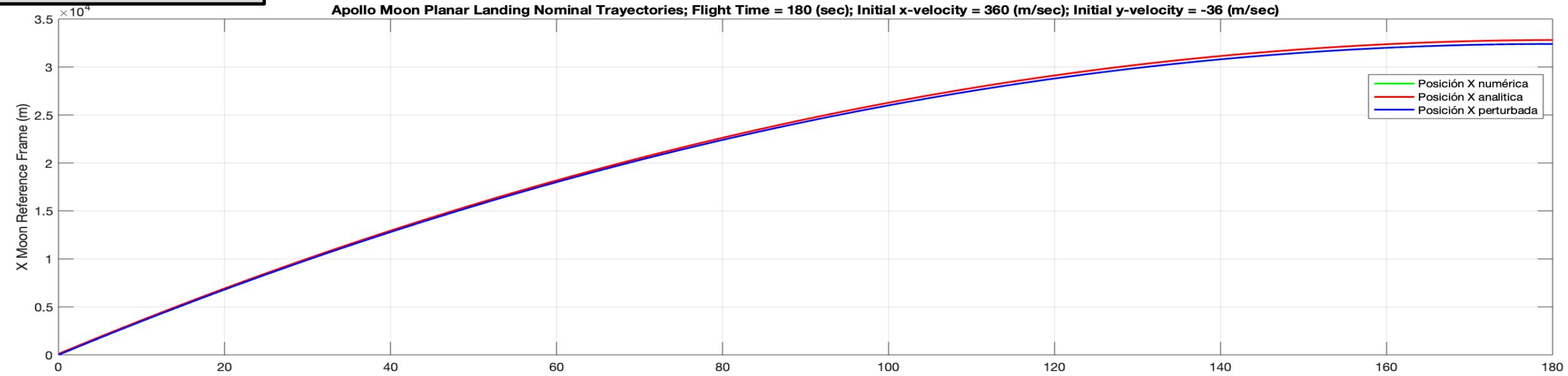


Fig. 9: Posición y vel. Y.

Apollo Moon Planar Landing Nominal Trajectories; Flight Time = 180 (sec); Initial x-velocity = 360 (m/sec); Initial y-velocity = -36 (m/sec)

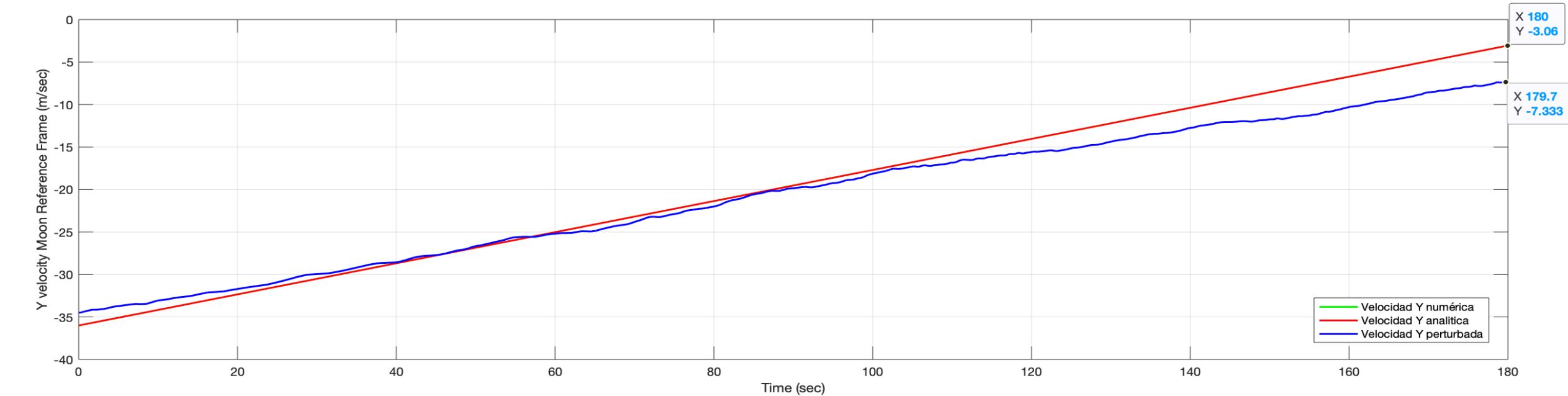
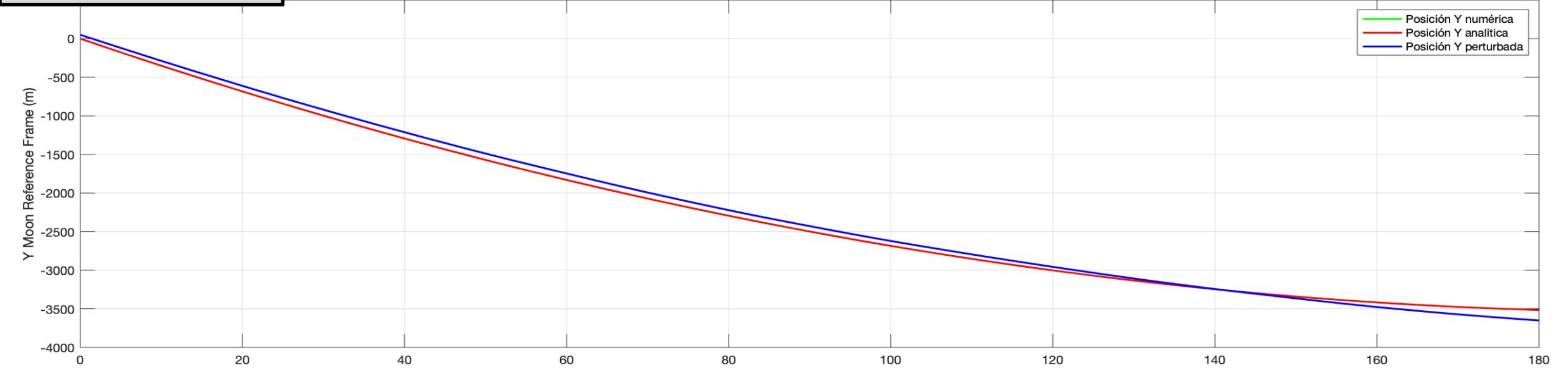


Fig. 10: Posición X-Y.

Apollo Moon Planar Landing Nominal Trajectories; Flight Time = 180 (sec); Initial x-velocity = 360 (m/sec); Initial y-velocity = -36 (m/sec)

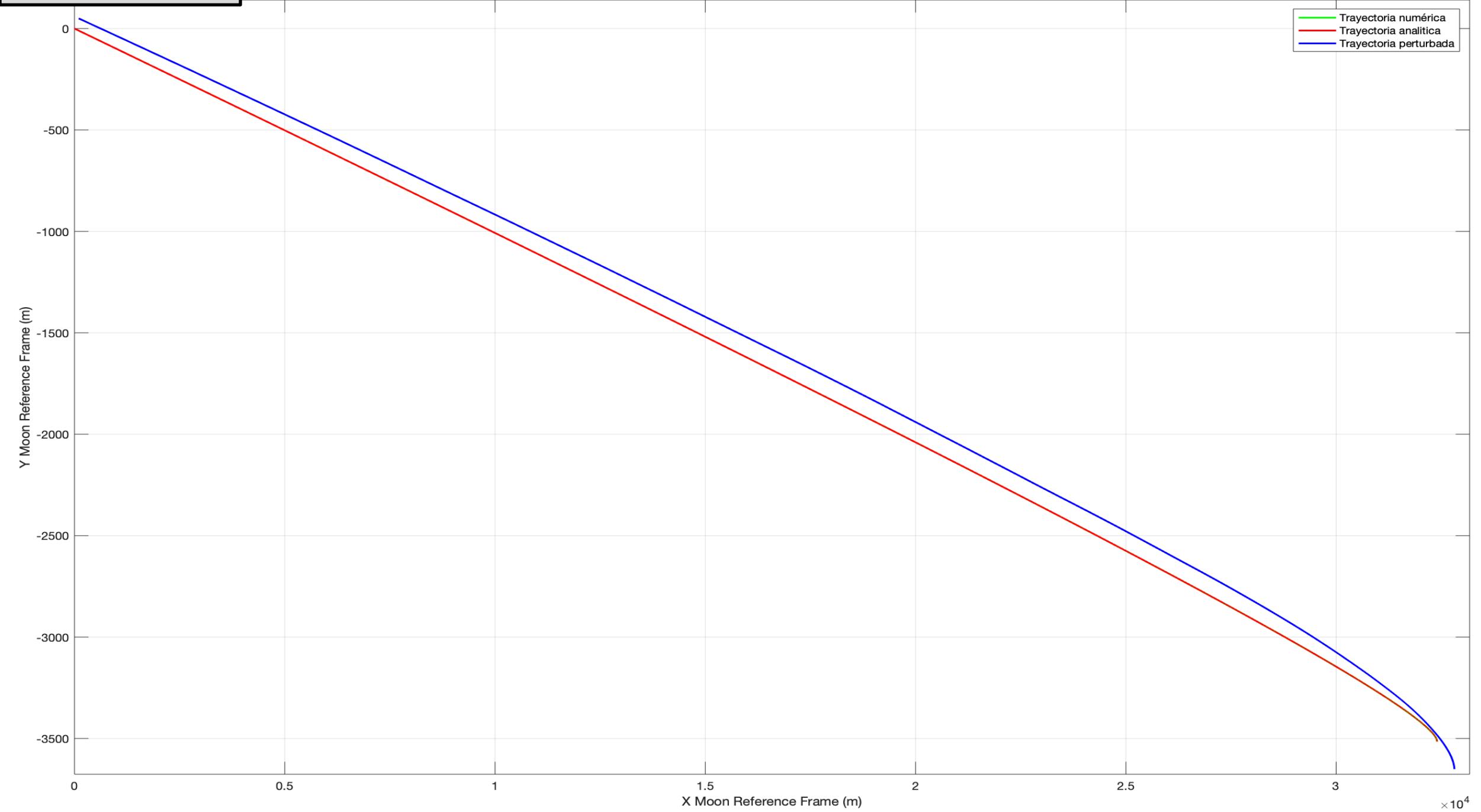
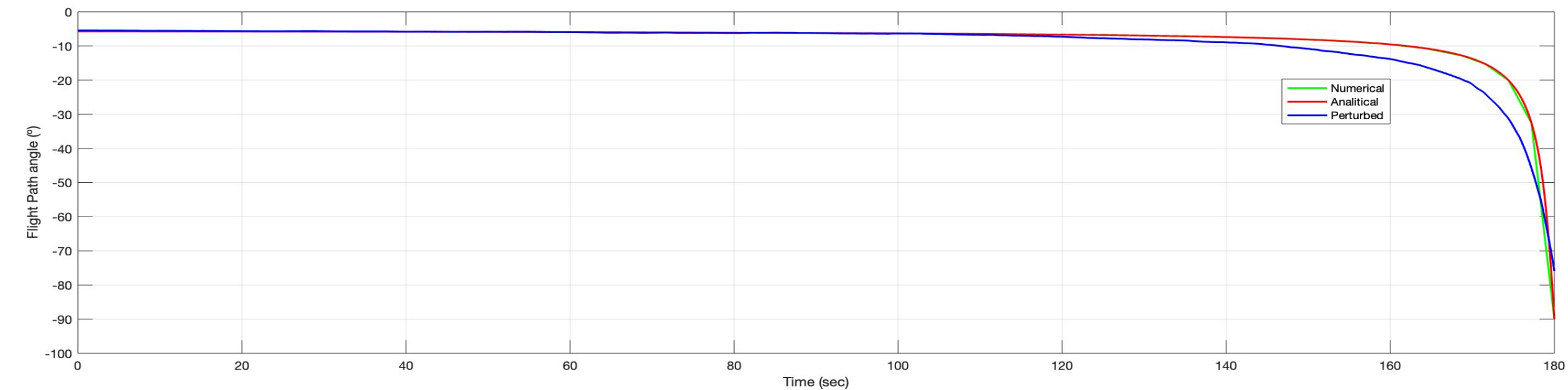
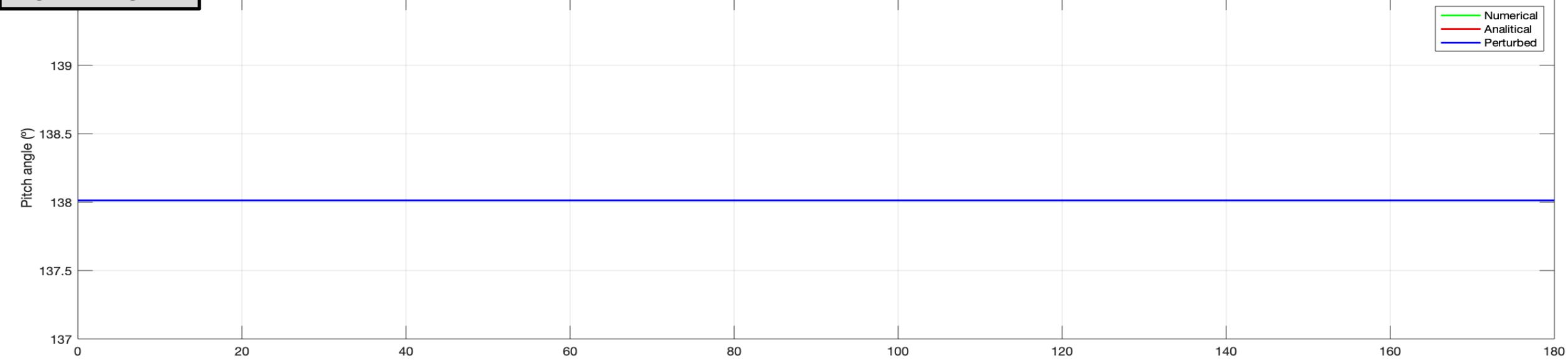


Fig. 11: Ángulos.

Apollo Moon Planar Landing Nominal Trajectories; Flight Time = 180 (sec); Initial x-velocity = 360 (m/sec); Initial y-velocity = -36 (m/sec)

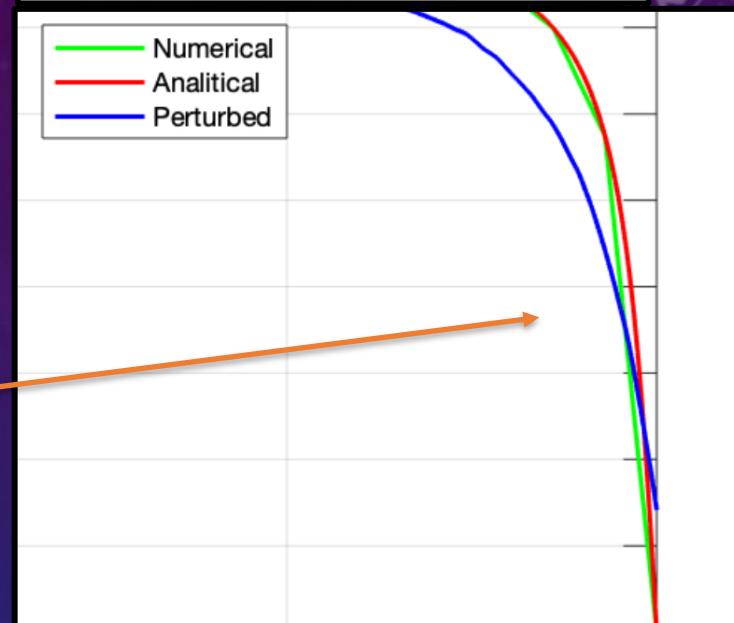
ELECCIÓN DE LAS GANANCIAS

- Tiempo característico del sistema: $\sim 1s$
- Constante de tiempo y tiempo característico del controlador.

$$\text{canal } x \rightarrow \begin{aligned} K_{p_x} &= 10^{-3} \\ K_{d_x} &= 9 \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

$$\text{canal } y \rightarrow \begin{aligned} K_{p_y} &= 10^{-2} \\ K_{d_y} &= 6 \cdot 10^{-1} \end{aligned}$$

Fig. 12: Extracto de Fig 11.



Respuestas a impulso con $K_d x = 0.09 X$ channel

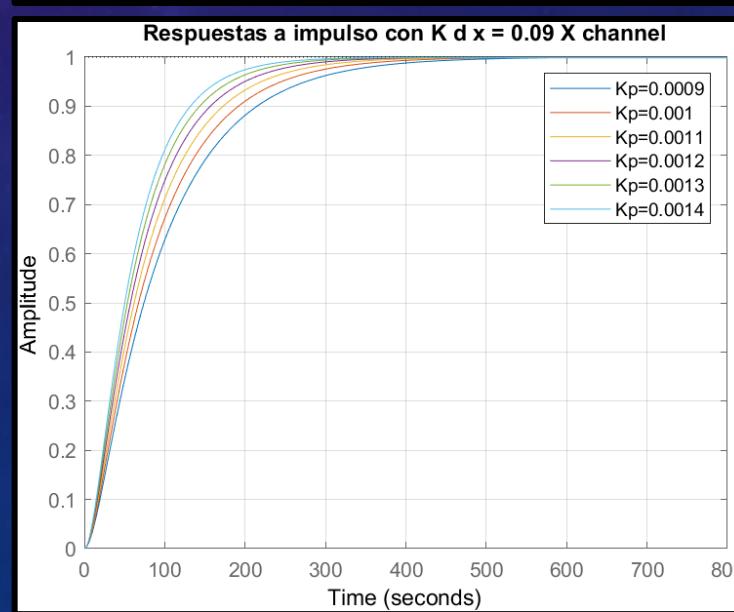


Fig. 13: Respuesta a impulso.

El script utilizado para elegir las ganancias ha sido:

La constante de tiempo del controlador en su modo más lento: $\sim 77s^{-1}$

Tiempo característico del controlador:

$$t_c = \frac{1}{\text{constante de tiempo}} \sim 0.013s$$

El script utilizado para elegir las ganancias ha sido:

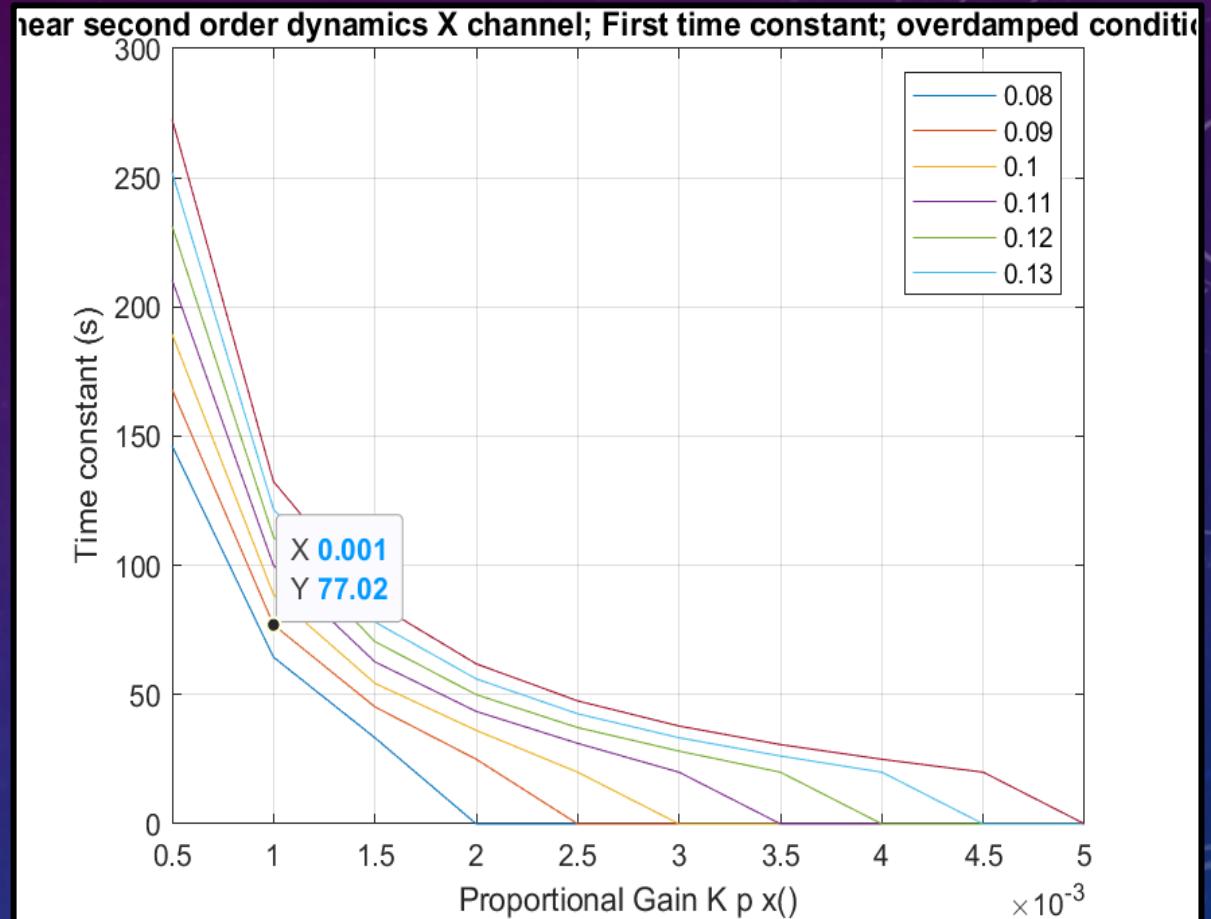


Fig. 14: Constante de tiempos.

Apollo_Moon_Landing_PD_desing_2D_v0_and_v1.m

Diagrama de Bode de planta en open loop with selected K d x = 0.09 X channel

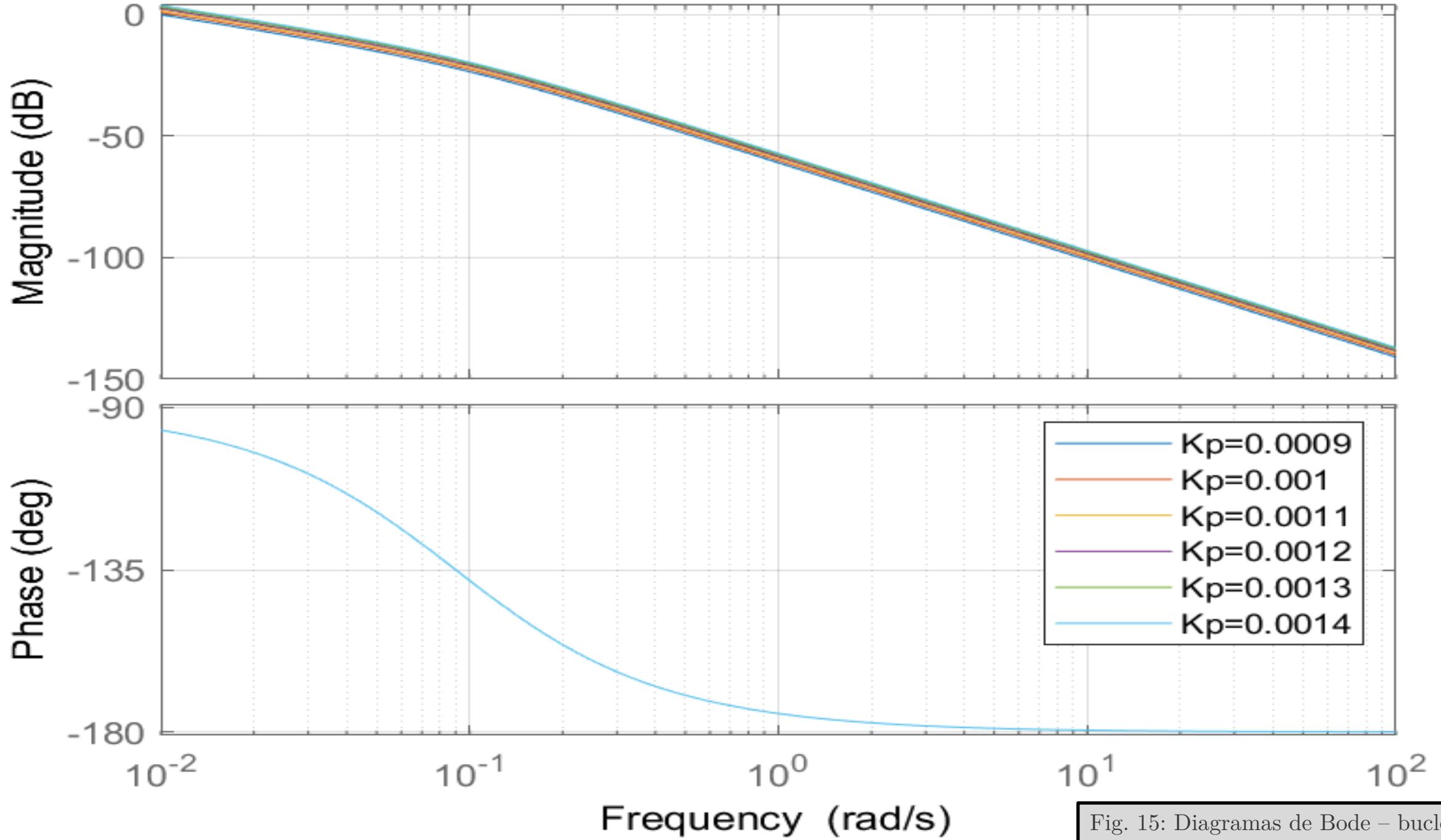
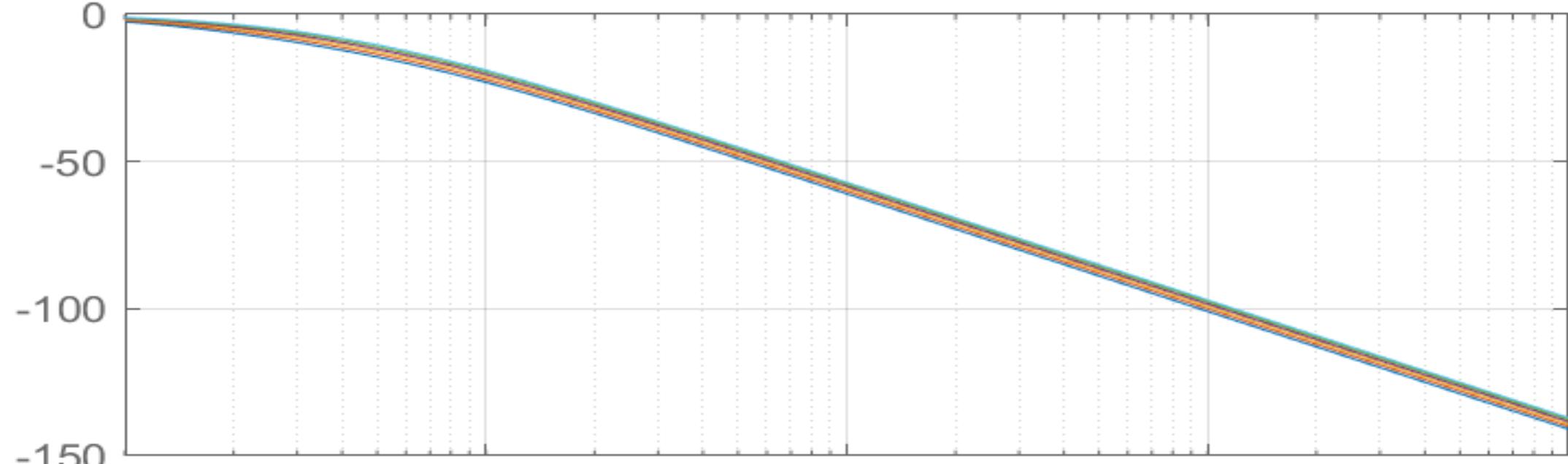


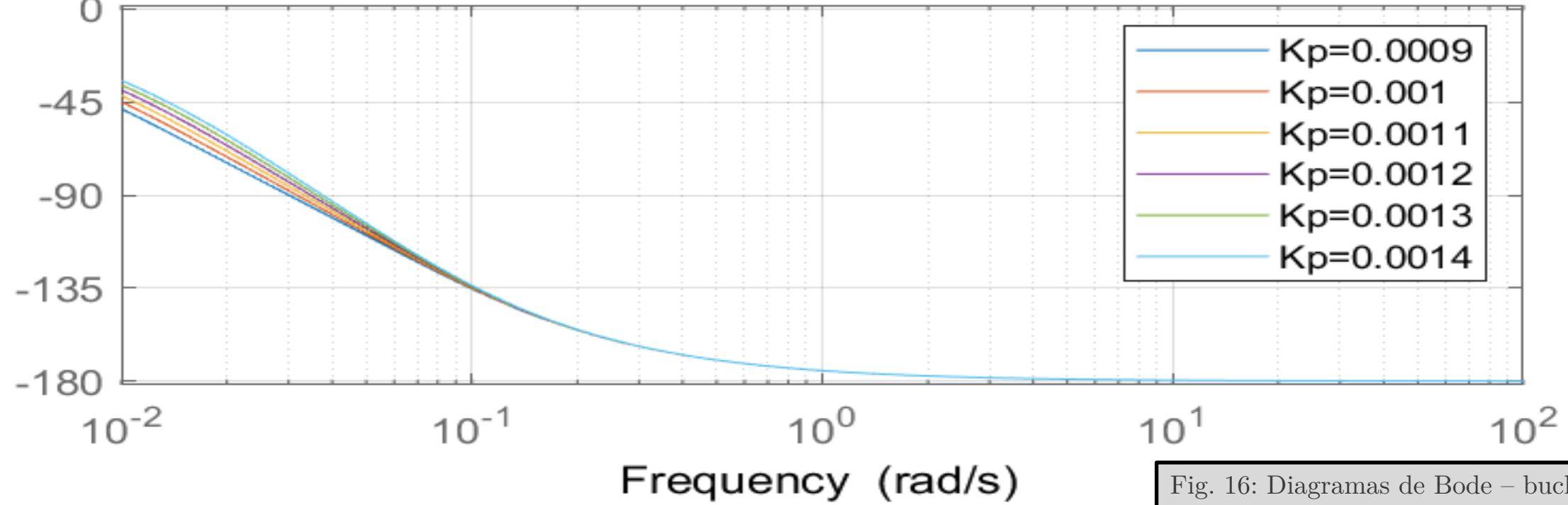
Fig. 15: Diagramas de Bode – bucle abierto.

Diagrama de Bode de planta en closed loop with selected K d x = 0.09 X channel

Magnitude (dB)



Phase (deg)



Frequency (rad/s)

Fig. 16: Diagramas de Bode – bucle cerrado.

Diagrama de Nyquist de planta en open loop with selected K d x = 0.09 X chanr

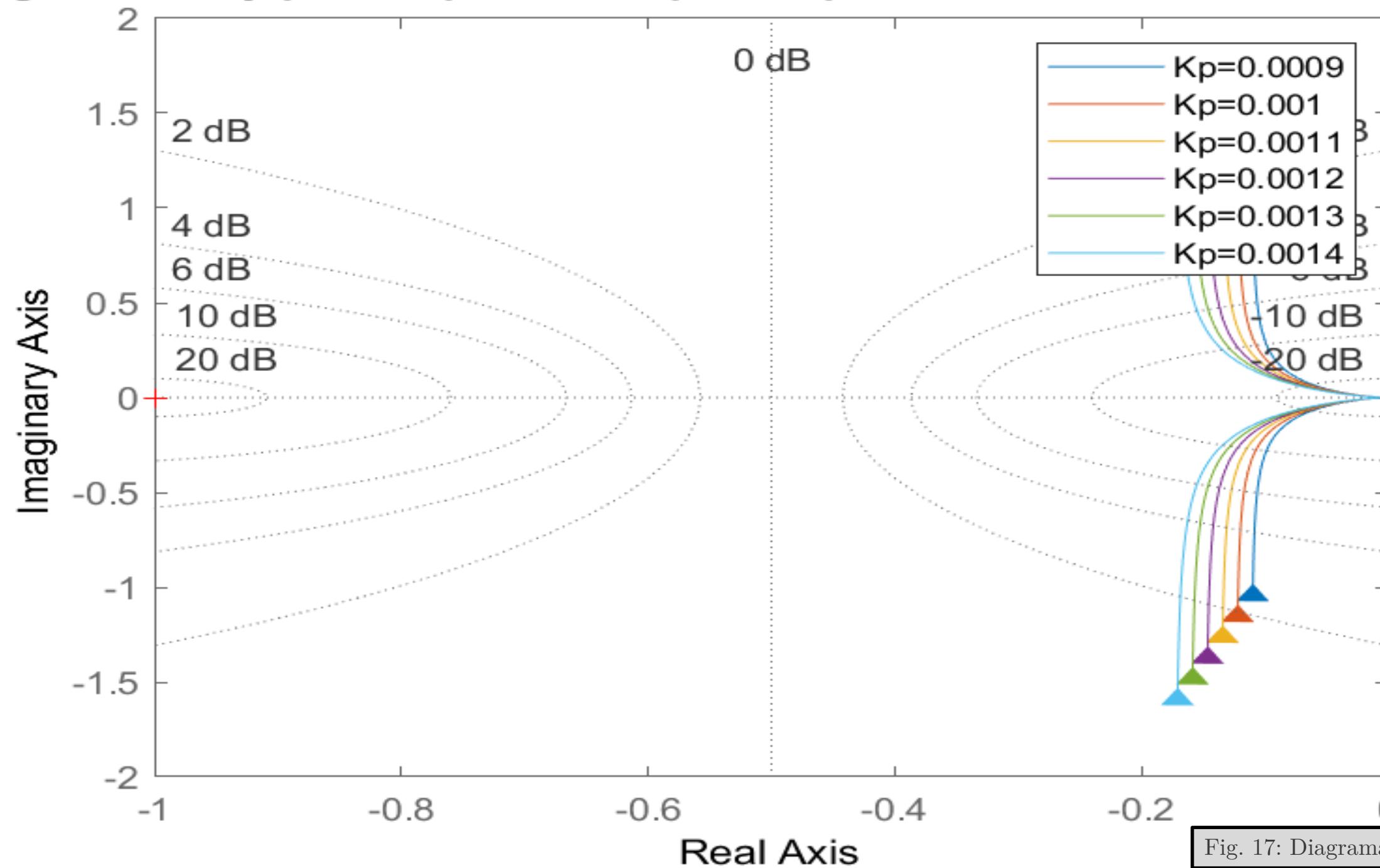


Fig. 17: Diagramas de Nyquist.

MÁRGENES DE FASE Y DE GANANCIA

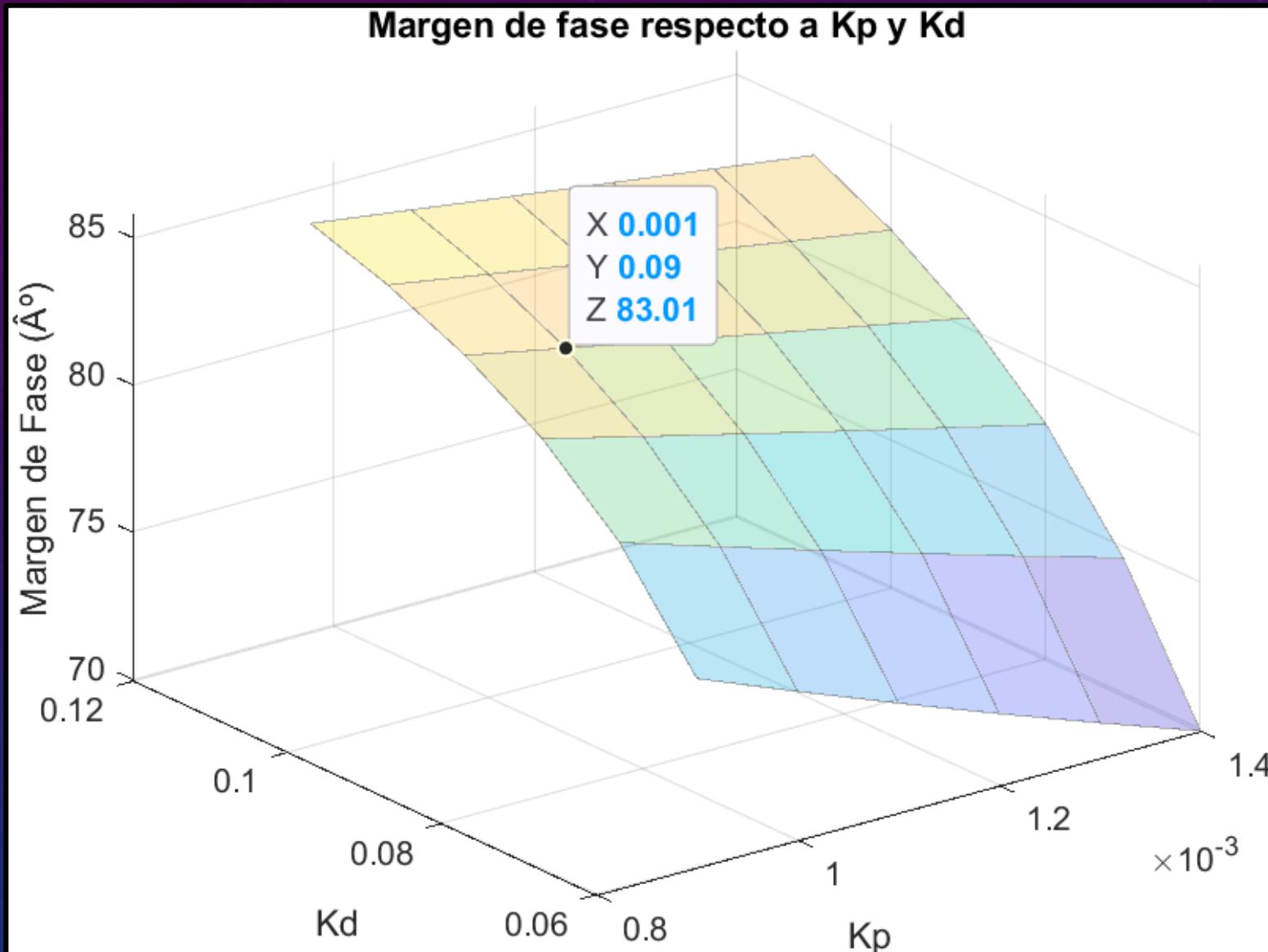


Fig. 18: Margen de Fase según K_p y K_d.

COMPUTACIÓN CONTROLADA-PERTURBADA



Fig. 19: Trayectoria Perturbada.

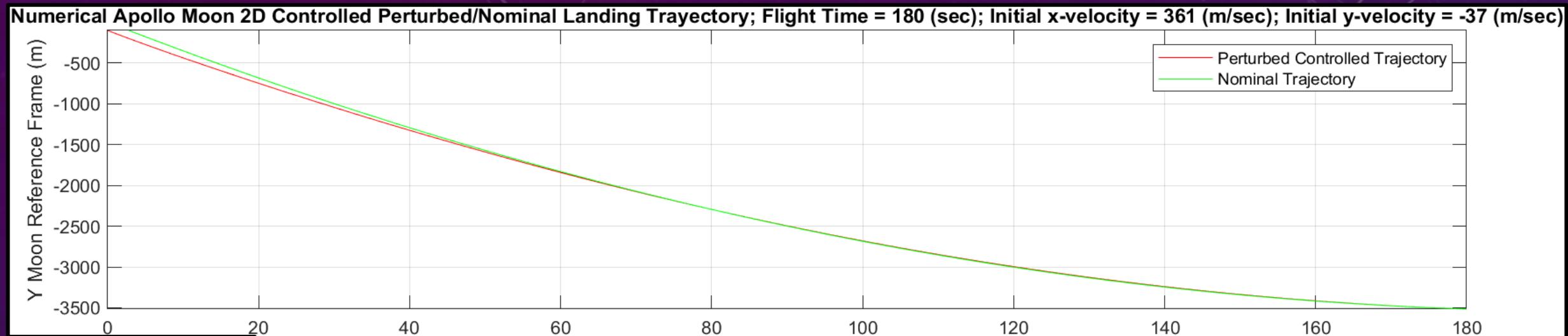


Fig. 20: Distancia Y.

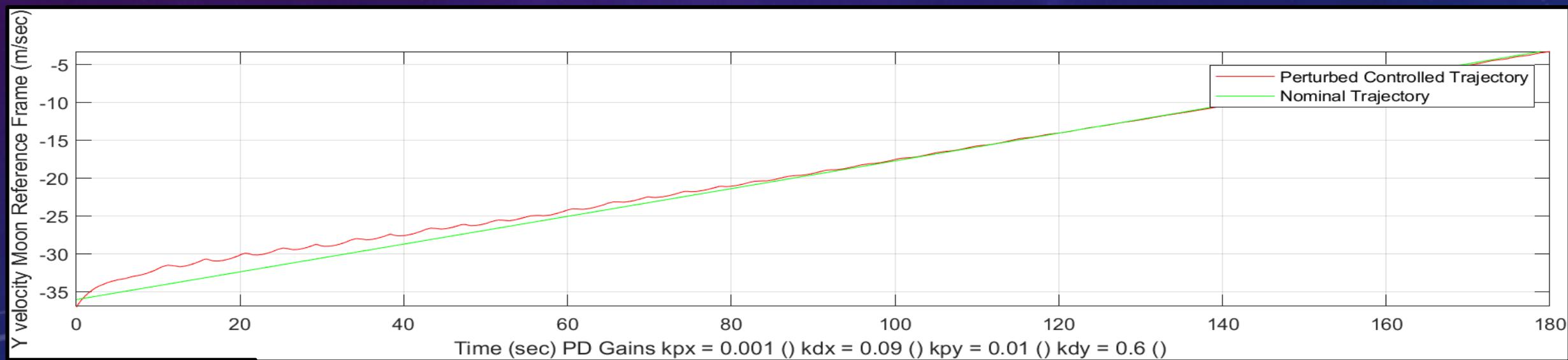


Fig. 21: Velocidad Y

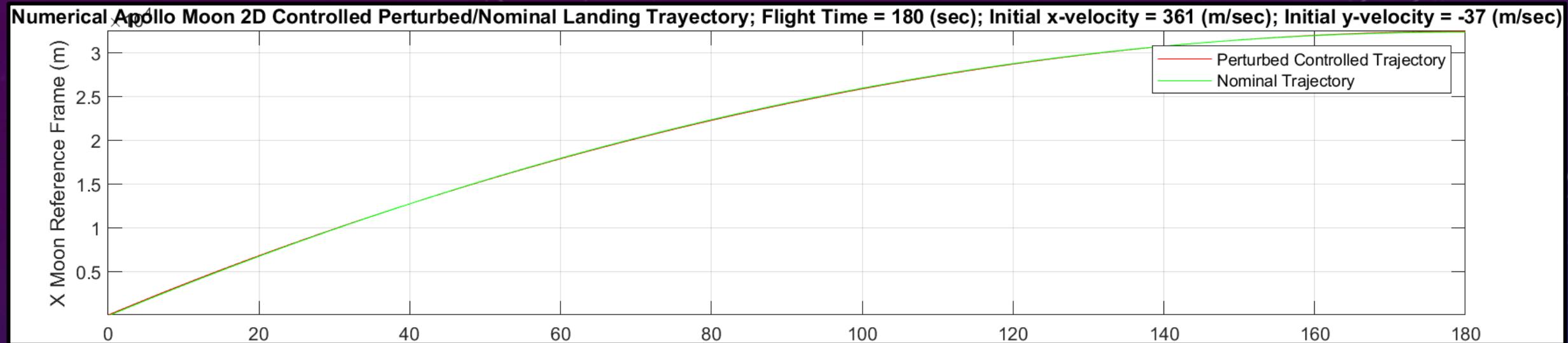
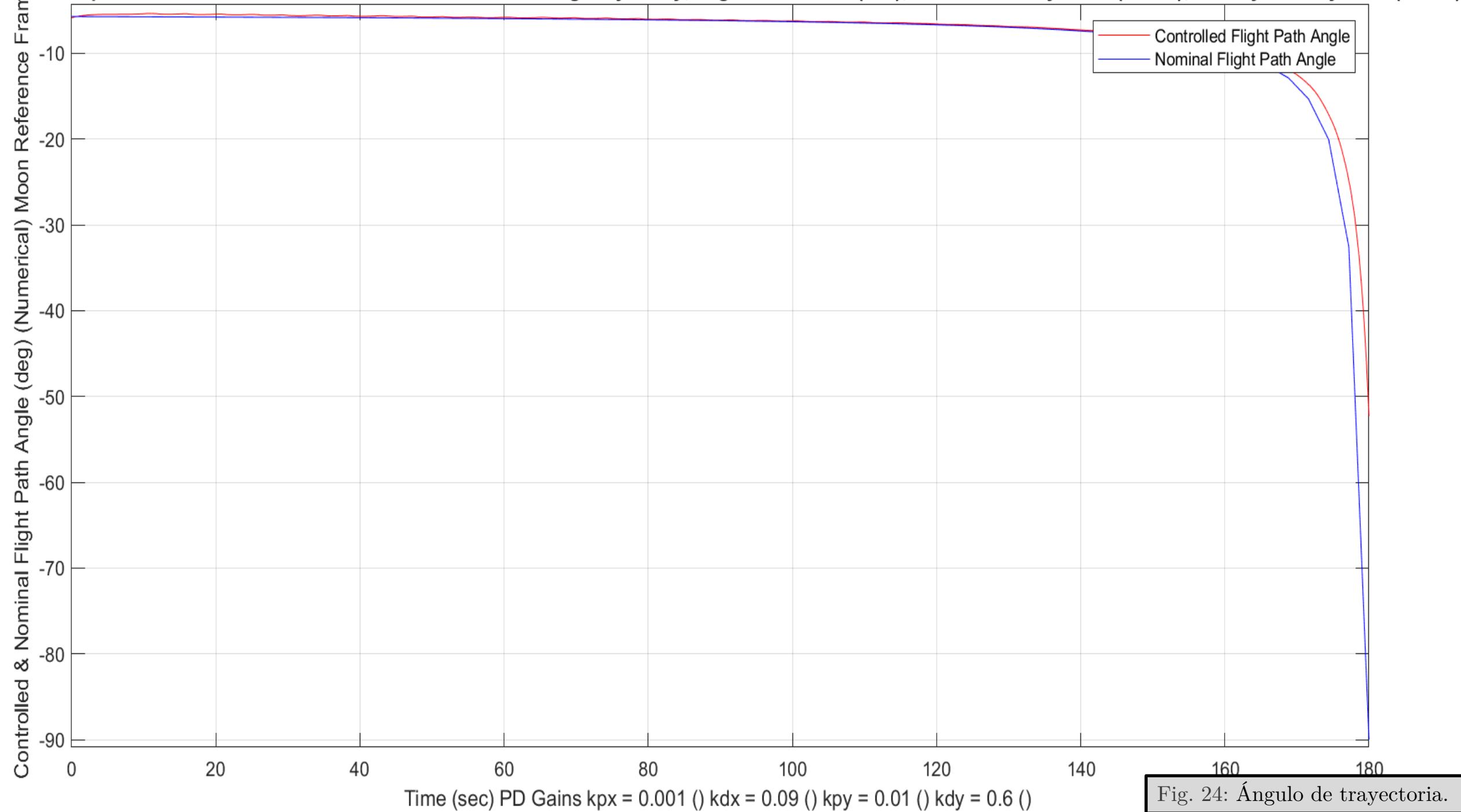


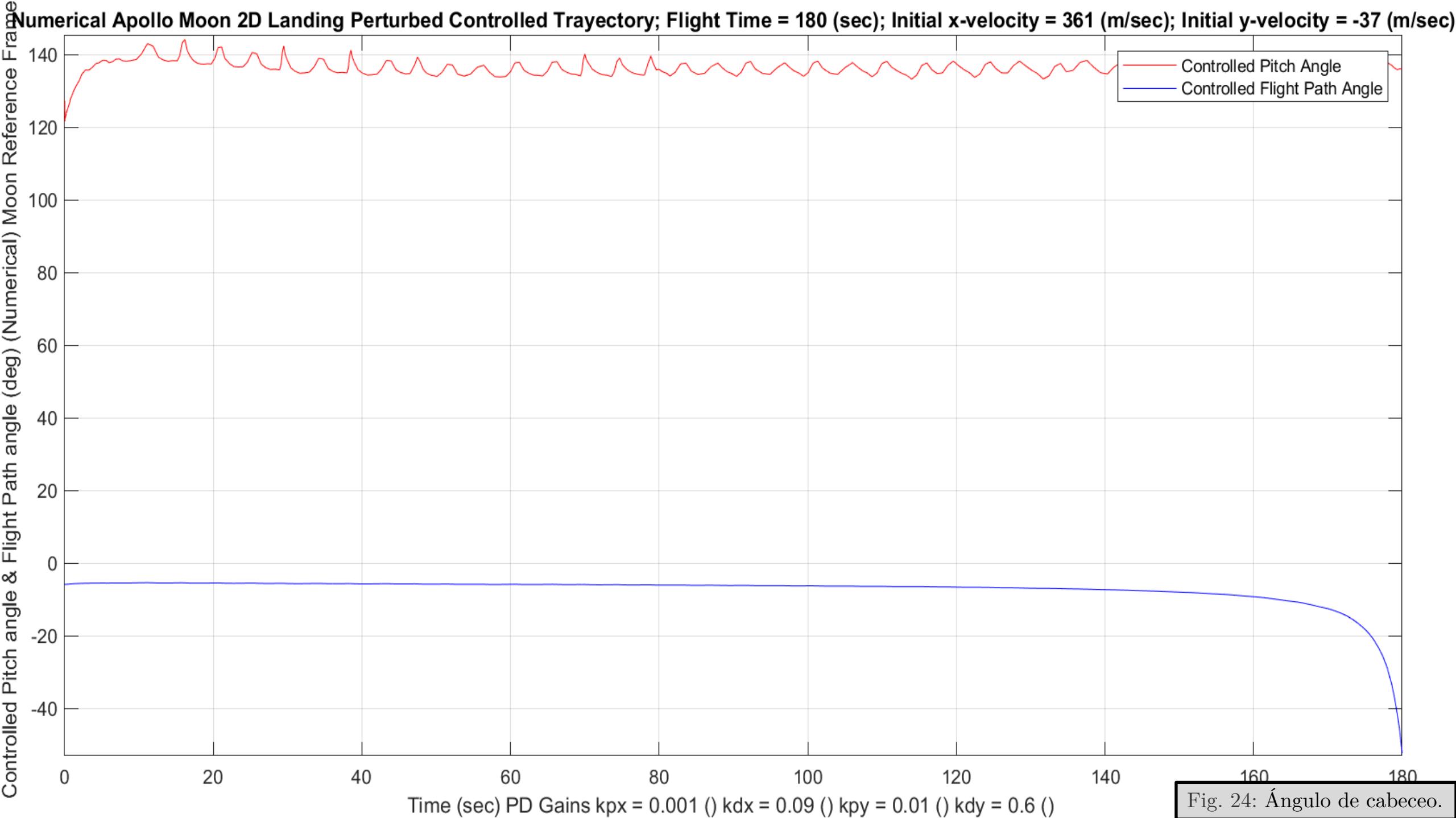
Fig. 22: Distancia X.

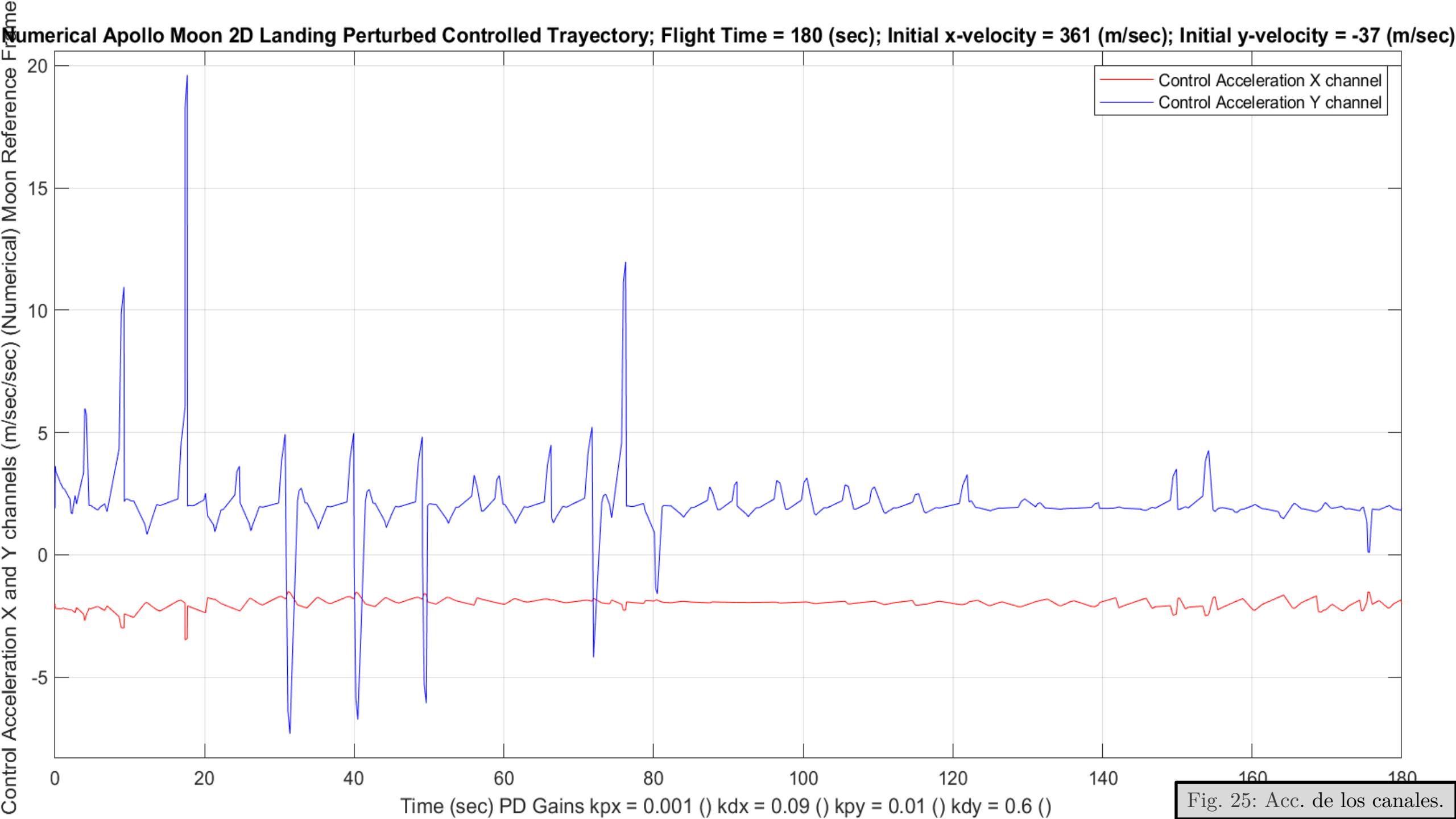


Fig. 23: Velocidad X.

Numerical Apollo Moon 2D Controlled Perturbed/Nominal Landing Trajectory; Flight Time = 180 (sec); Initial x-velocity = 361 (m/sec); Initial y-velocity = -37 (m/sec)







Como primer punto de las conclusiones, agradecerte Ignacio que en esta situación nos hayas comprendido y ayudado lo que has podido y más, facilitándonos los scripts y resolviendo las dudas que nos iban surgiendo.

En segundo lugar, estudiar una misión tan transcendente como esta nos ilusiona y nos llena de ganas de seguir estudiando esta carrera ya que muchos de nosotros siempre hemos visto el espacio como un sueño inalcanzable, que con cosas así, lo vemos mucho más cercano.

Finalmente, en cuanto a conocimiento, ver como realmente es un sistema y aprender que no todo son ecuaciones y fórmulas siempre nos acaba sorprendiendo y “fastidiando”, aunque muchas veces nos aviséis. Aún así, cuando apreciamos los resultados, nos sentimos orgullosos de nuestro trabajo y contentos por haber aprendido algo más.

CONCLUSIONES

Acceso a los scripts modificados

