

Parte IV

Apéndices

Apéndice A

Descripción del helicóptero *Bo-105*

A.1. Derivadas de estabilidad

A continuación se van a mostrar las derivadas de estabilidad usadas durante todo este proyecto. Estas derivadas se obtienen mediante el software *Helisim*, el cual implementa un modelo no lineal completo del helicóptero en cuestión, y realiza las correspondientes diferenciaciones numéricas a partir del punto de equilibrio.

Para la correcta interpretación de los valores que se van a exponer, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las derivadas correspondientes a las fuerzas están normalizadas con la masa de la aeronave, mientras que las correspondientes a los momentos están normalizadas con sus respectivas inercias:

$$X_u = \frac{X_u}{M_a}; \quad M_u = \frac{M_u}{I_{yy}}$$

- Para las derivadas correspondientes a los momentos L y N , se ha hecho ya la correspondiente multiplicación por los términos de inercia, según se muestra en las ecuaciones 2.13 y 2.14.
- Las unidades de las derivadas de estabilidad que se van a mostrar son las siguientes:

Fuerza / velocidad lineal $1/s$

Fuerza / velocidad angular $\frac{m}{s \cdot rad}$

Momento / velocidad lineal $\frac{rad}{s \cdot m}$

Momento / velocidad angular $1/s$

Fuerza / control $\frac{m}{s^2 \cdot rad}$

Momento / control $\frac{1}{s^2}$

- Las derivadas de estabilidad tal y como se muestran en las figuras, incluyen las velocidades de equilibrio en el caso de que aparezcan junto a ellas los términos de la ecuación 2.12.
- Todas las derivadas de estabilidad se han calculado para condiciones de vuelo a nivel del mar ($\rho = 1,227 \text{ kg/m}^3$), para un vuelo rectilíneo, con ángulo de deslizamiento nulo y para velocidades de avance que van desde el vuelo a punto fijo hasta los 140 nudos.

A.1.1. Derivadas de estabilidad longitudinales

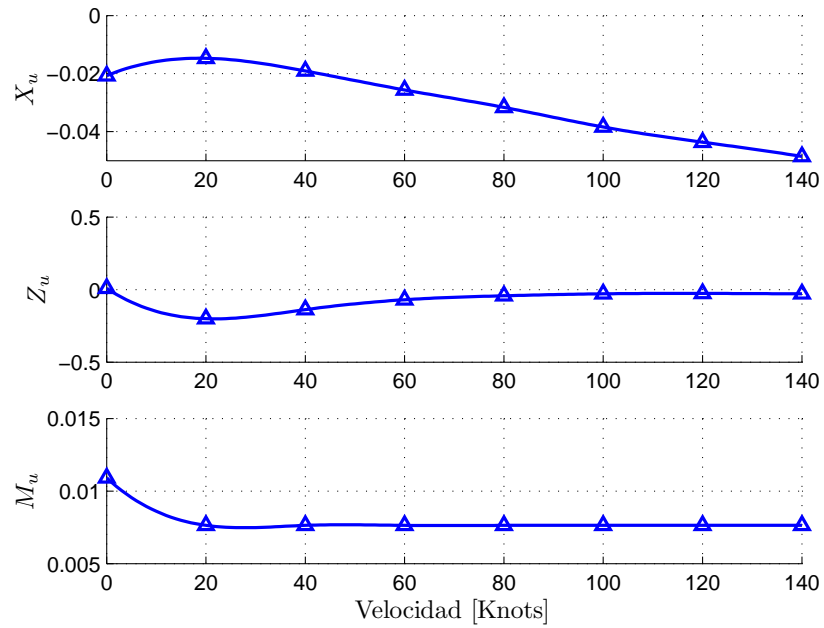


Figura A.1: Gráfico de derivadas de estabilidad 1

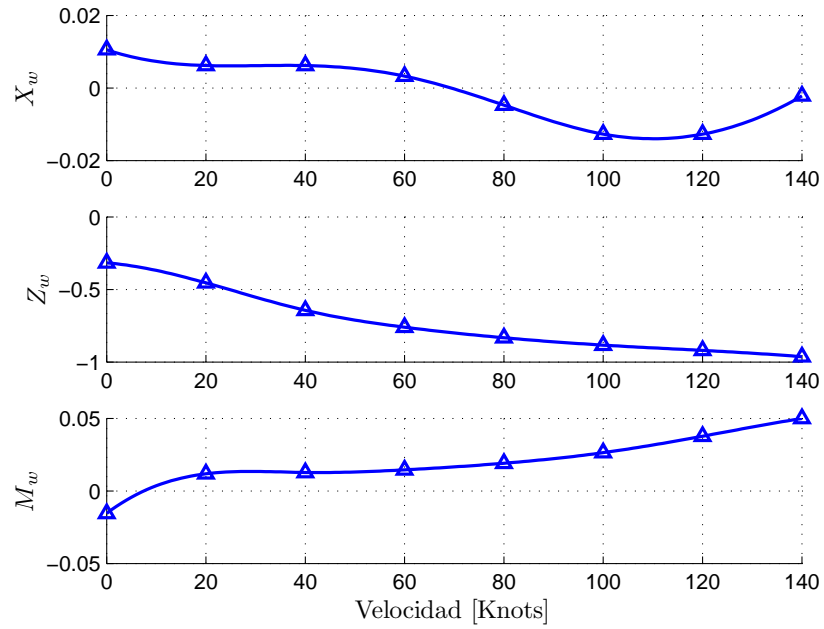


Figura A.2: Gráfico de derivadas de estabilidad 2

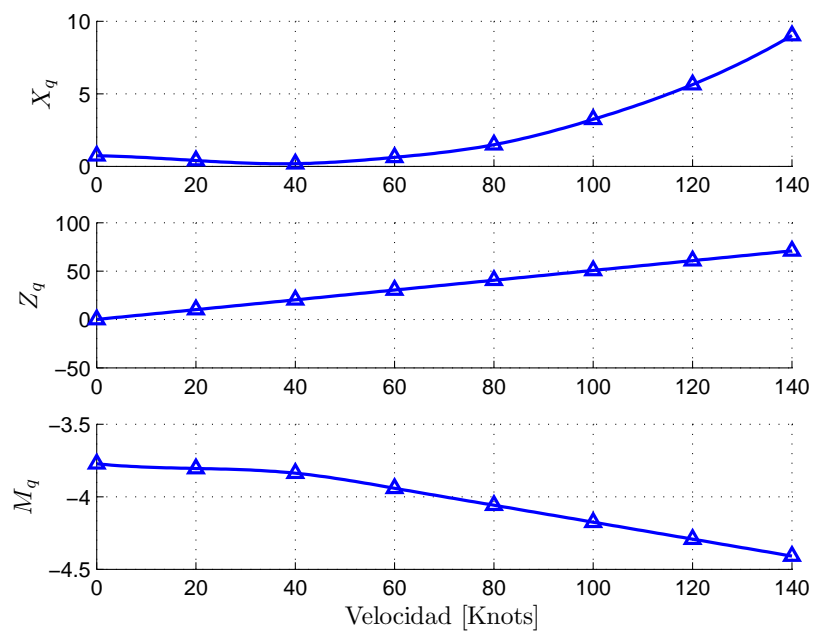


Figura A.3: Gráfico de derivadas de estabilidad 3

A.1.2. Derivadas de estabilidad laterales-direccionales

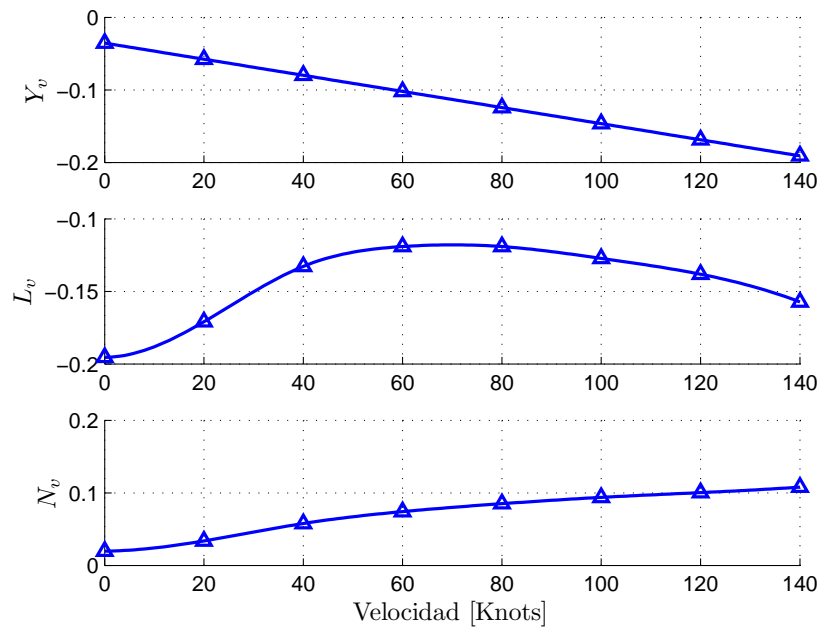


Figura A.4: Gráfico de derivadas de estabilidad 4

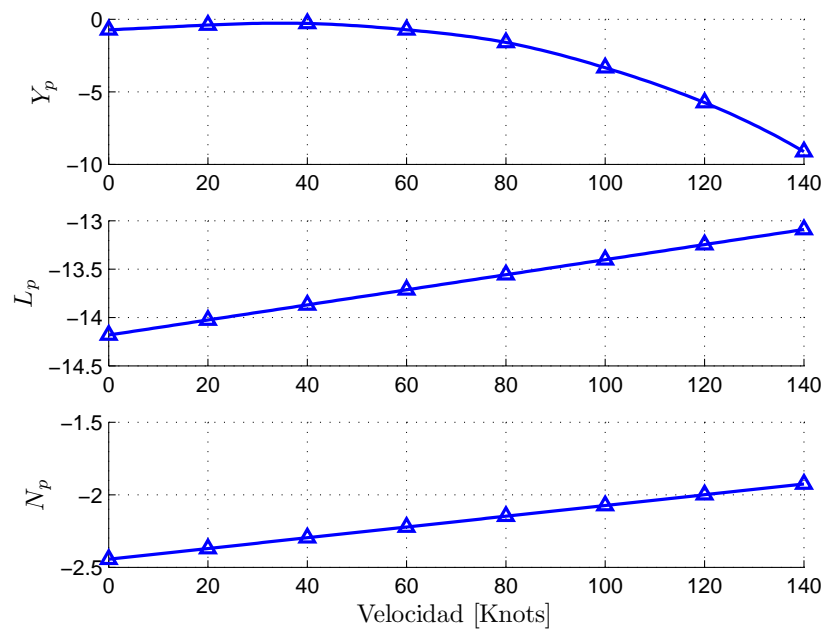


Figura A.5: Gráfico de derivadas de estabilidad 5

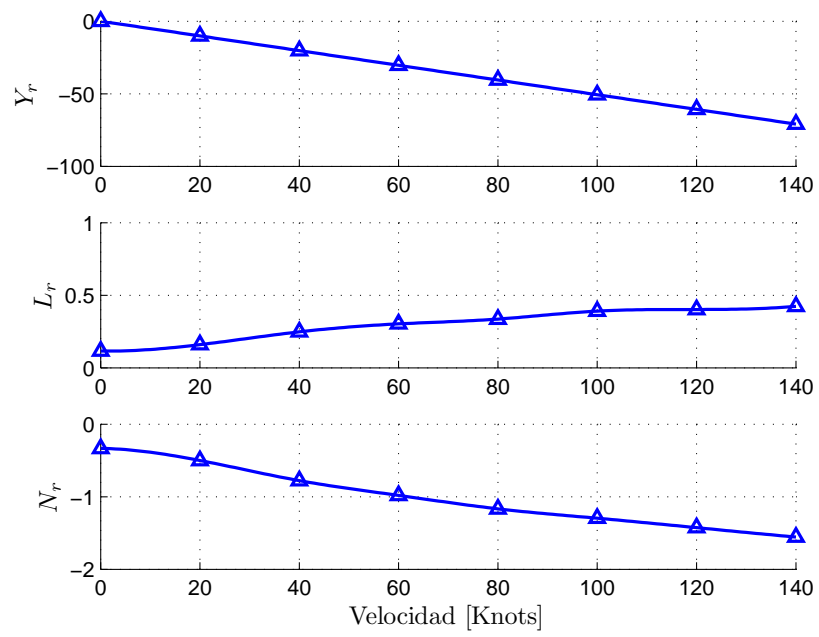


Figura A.6: Gráfico de derivadas de estabilidad 6

A.1.3. Derivadas de estabilidad acopladas

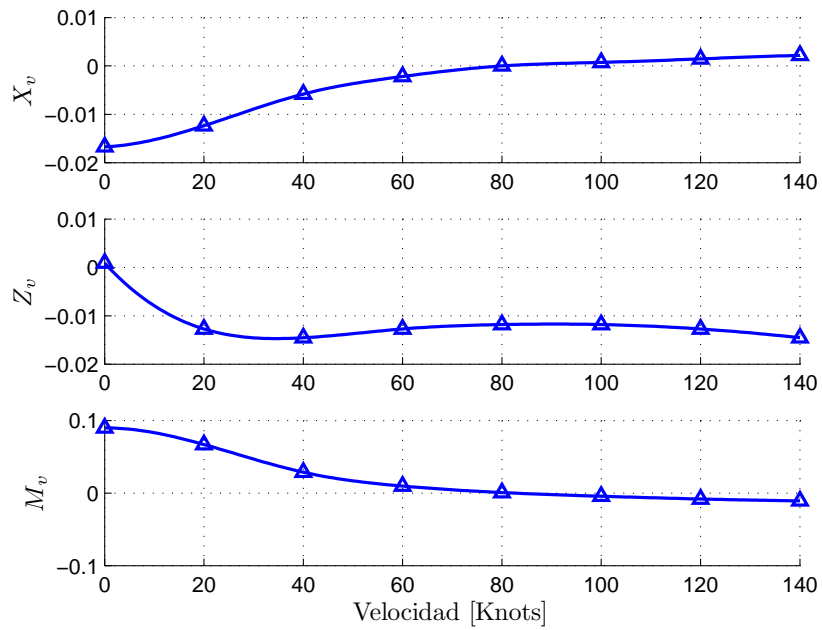


Figura A.7: Gráfico de derivadas de estabilidad 7

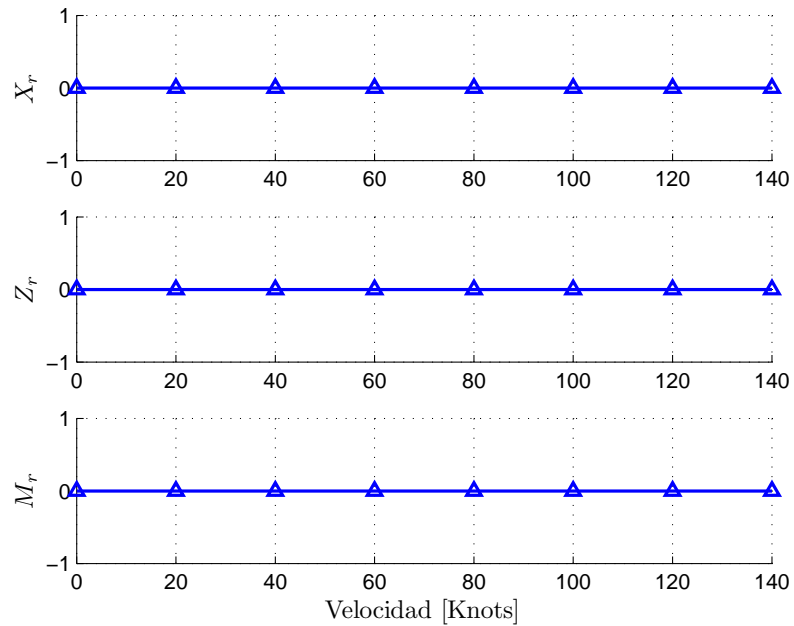


Figura A.8: Gráfico de derivadas de estabilidad 8

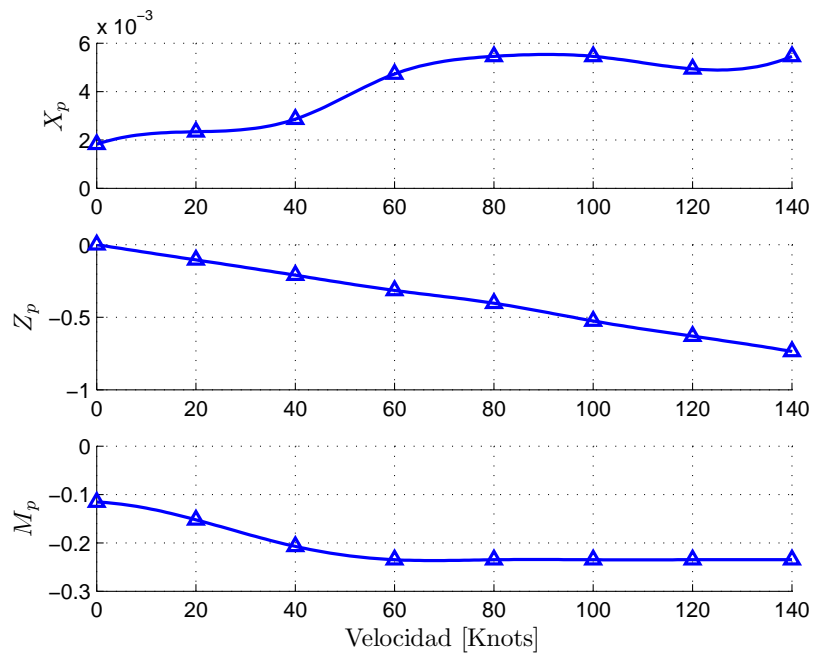


Figura A.9: Gráfico de derivadas de estabilidad 9

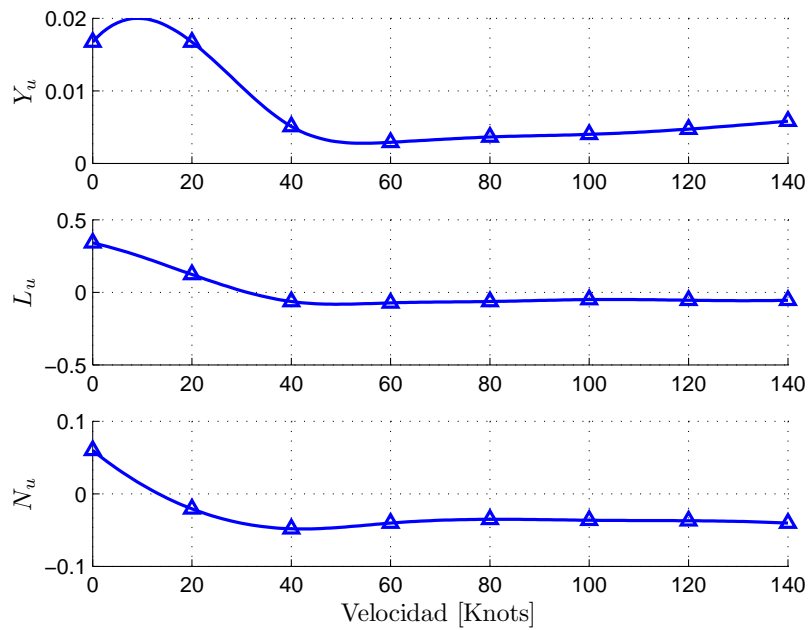


Figura A.10: Gráfico de derivadas de estabilidad 10

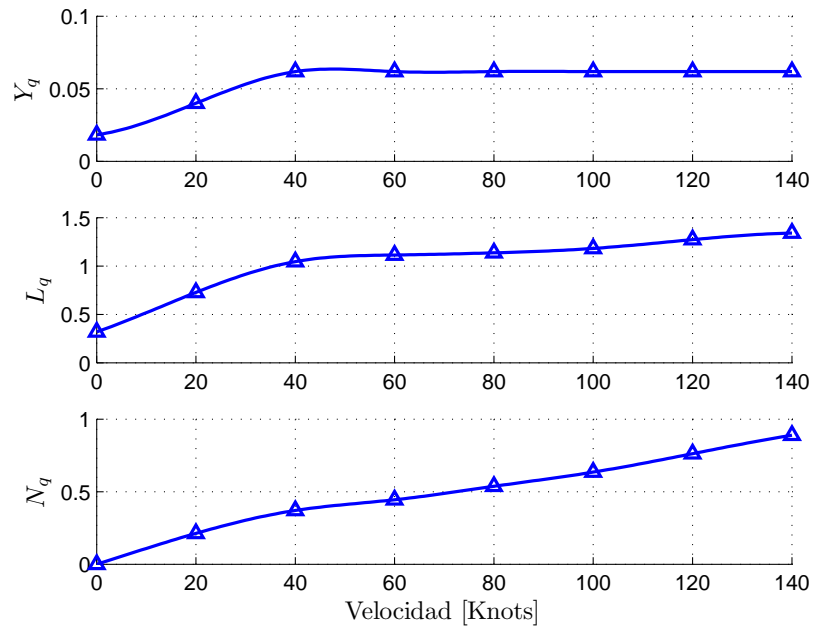


Figura A.11: Gráfico de derivadas de estabilidad 11

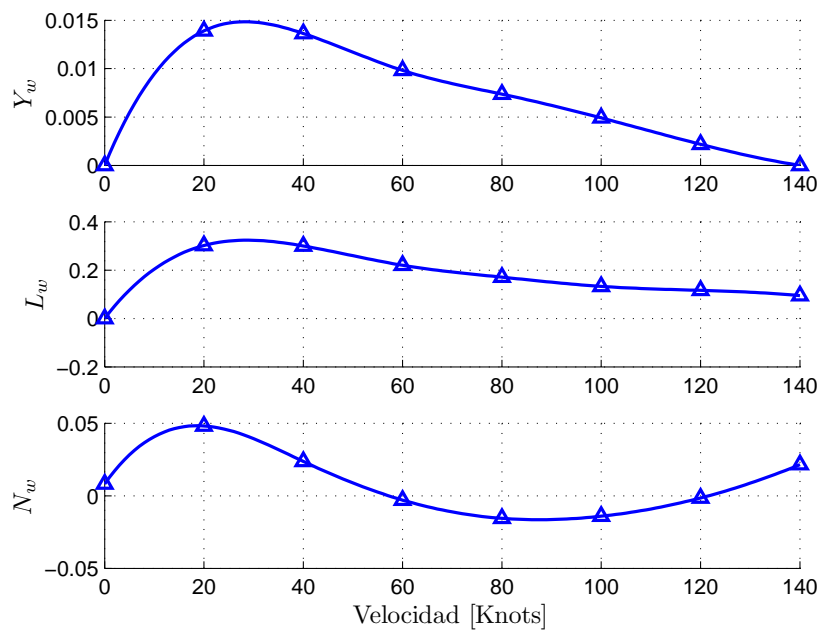


Figura A.12: Gráfico de derivadas de estabilidad 12

A.1.4. Potencias de control

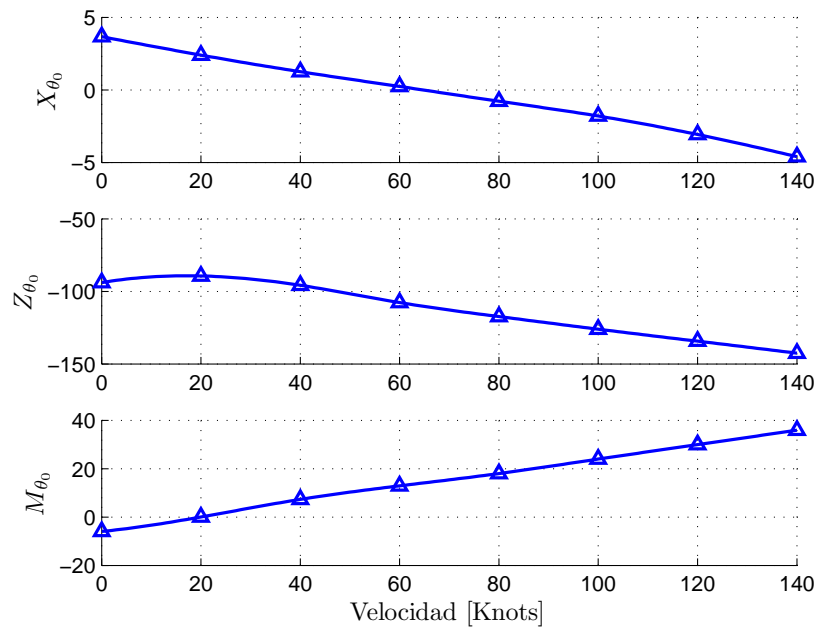


Figura A.13: Gráfico de derivadas de estabilidad 13

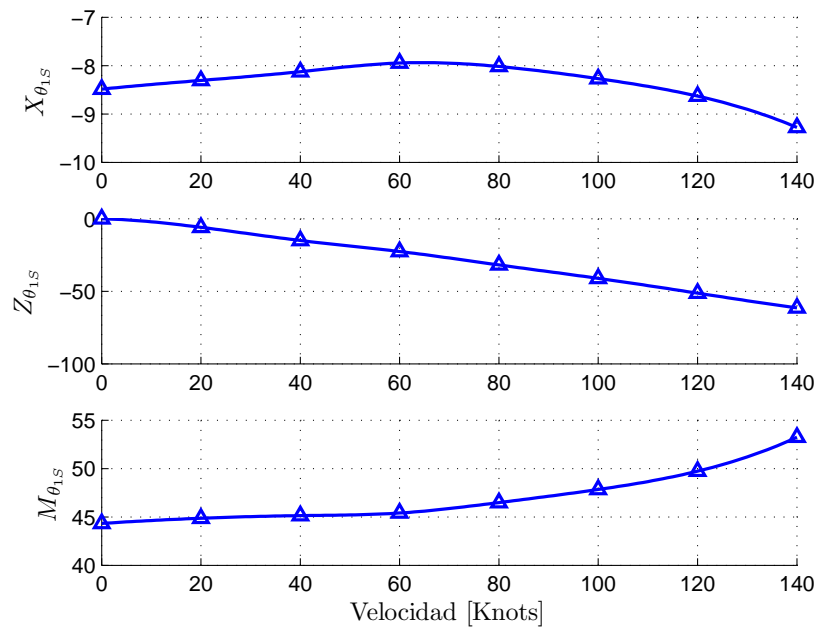


Figura A.14: Gráfico de derivadas de estabilidad 14

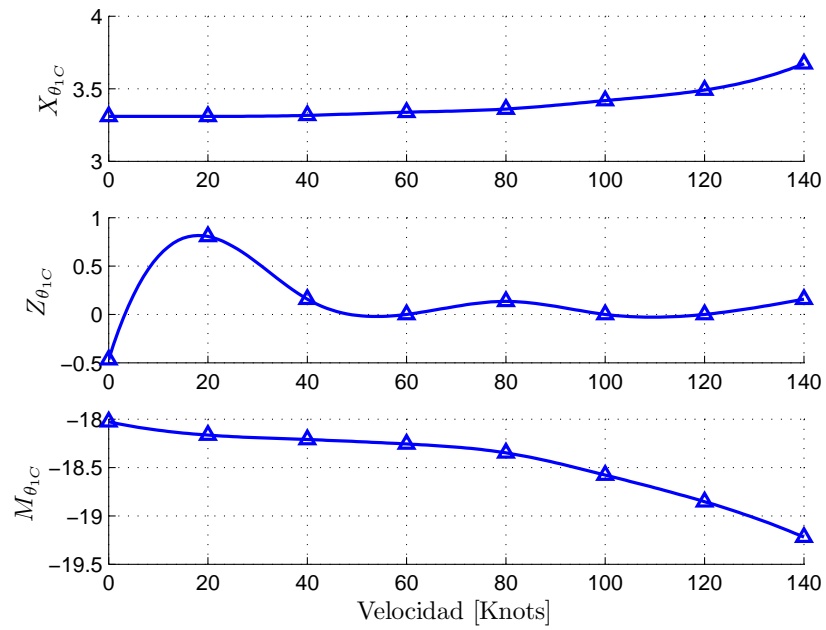


Figura A.15: Gráfico de derivadas de estabilidad 15

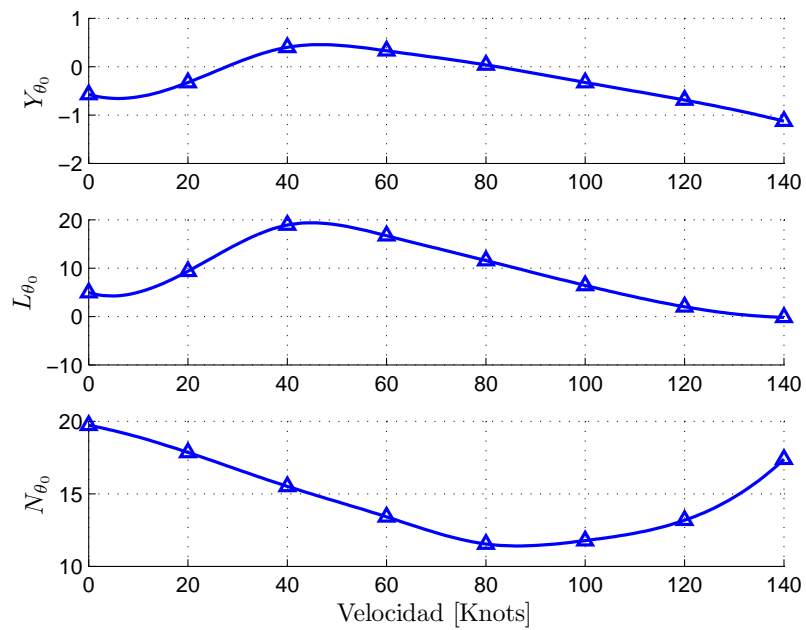


Figura A.16: Gráfico de derivadas de estabilidad 16

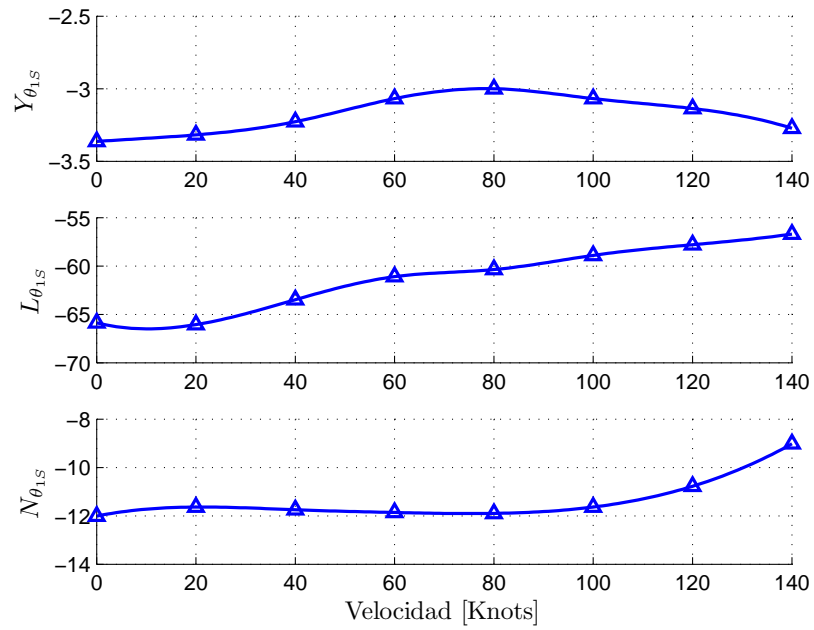


Figura A.17: Gráfico de derivadas de estabilidad 17

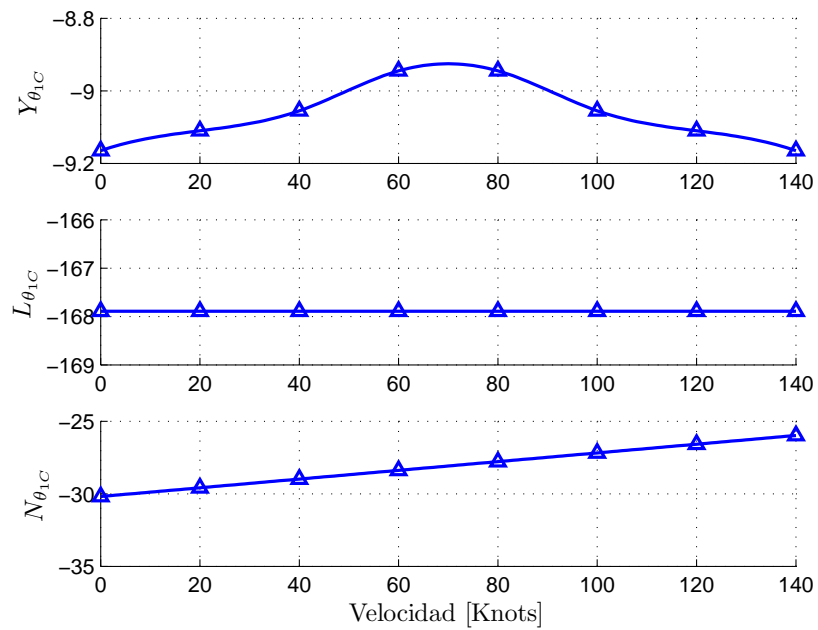


Figura A.18: Gráfico de derivadas de estabilidad 18

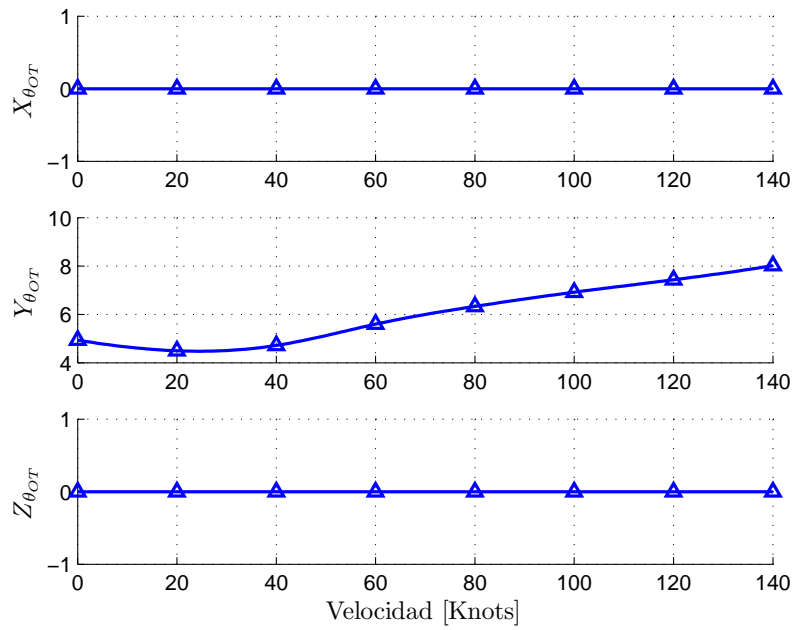


Figura A.19: Gráfico de derivadas de estabilidad 19

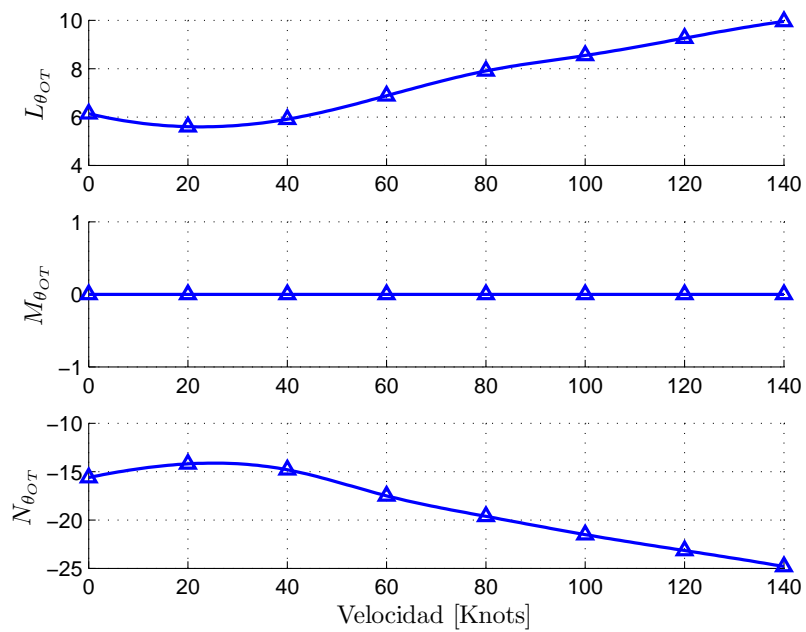


Figura A.20: Gráfico de derivadas de estabilidad 20

Bibliografía

- [Aer00] Aeronautical Design Standard. *ADS-33E-PRF. Performance Specification and Handling Qualities Requirements for Military Rotorcraft*, February 2000.
- [AF66] Michael Athans and Peter L. Falb. *Optimal control. An introduction to the theory and its applications*. McGraw-Hill Book Company, 1966.
- [CF02] Alastair K. Cooke and Eric W.H. Fitzpatrick. *Helicopter Test and Evaluation*. AIAA, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2002.
- [CRFL00] Mike Bielefield Chad R. Frost, Mark B. Tischler and Troy LaMontagne. Design and test of flight control laws for kaman burro unmaned aerial vehicle. *AIAA*, 2000.
- [McL90] Donald McLean. *Automatic flight control systems*. Prentice Hall, 1990.
- [Pad96] Gareth D. Padfield. *Helicopter flight dynamics*. Blackwell Science, 1996.
- [Pam04] Bandhu Pamadi. *Performance, stability, dynamics, and control of airplanes*. AIAA, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004.
- [Pro95] Raymond W. Prouty. *Helicopter performance, stability and control*. Krieger Publising Company, 1995.
- [Ros01] Jan Roskam. *Airplane flight dynamics and automatic flight controls*. DAR corporation, 2001.
- [Sme01] Frederick O. Smetana. *Flight vehicle performance and aerodynamic control*. AIAA, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2001.