

# Gimballed EDF propelled VTVL vehicle design and control

Defensa de proyecto final

---

Patricio Whittingslow

Luís Cretton

11 de febrero de 2023

# Objetivo

- Tecnología central para el desarrollo aeroespacial futuro
- Desarrollo de vehículo plataforma para ensayos a pequeña escala



**Figura 1:** Starship: referente en tecnología de vehículos orbitales reutilizables.

- Tecnología monorrotor fijo tiene uso amplio



**Figura 2:** Dos vehículos VTOL eléctricos modernos. “VBat” (Izq.) y “Ikarus”.

- Tecnología monorrotor para empuje vectorial siendo usado por la ESA para ensayar algoritmos de control.



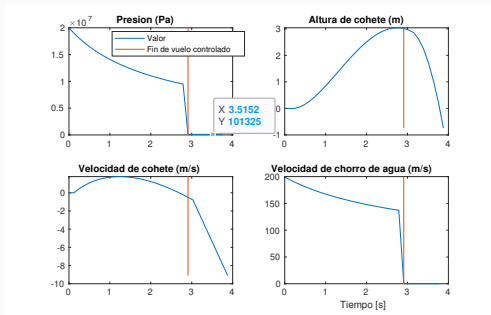
**Figura 3:** FROG de la ESA. Plataforma de ensayo de sistemas.

# Diseño

---

# Diseño – Propulsión másica

- Agua
- Peróxido HTP y cama catalítica



**Figura 4:** Análisis preliminar para un vehículo propulsado por agua a presión. La presión es la del tanque (absoluta). El peso estructural que se utilizó fue de 10kg.

Diámetro de EDF	70mm	90mm	120mm
Masa estructural [kg]	0,4	1	2
Masa batería [kg]	0,9	1,9	2
Mas electrónica [kg]	0,5	1	1
Empuje restante [kgf]	0,01	0,478	3,116
Tiempo vuelo [s]	253	184	132
Precio baterías-propulsor [usd]	165	365	693
Costo total [ars]	23968	53017	101313

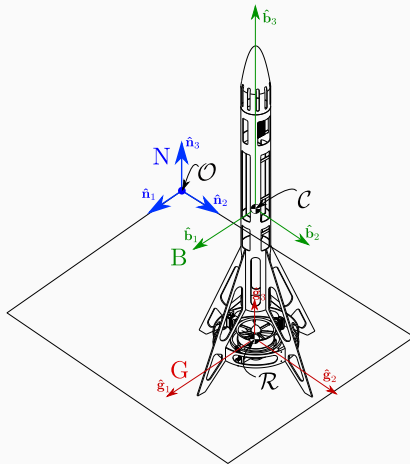
**Tabla 1:** Estudio de diferentes EDF's disponibles en el mercado. El requerimiento excluyente para la selección de batería fue que permita vuelo sostenido por 2 minutos.

# Simulación

---



Notación y tratamiento matemático de Hahn [2013].



Aceleración angular del vehículo tomando en cuenta efecto giroscopo y fuerzas externas debido a vorticidad.

$${}^B \frac{d}{dt} (\underline{\omega}_{BN}^B) = (J_{\mathcal{C}}^B)^{-1} \cdot (-\underline{\tilde{\omega}}_{BN}^B \cdot J_{\mathcal{C}}^B \cdot \underline{\omega}_{BN}^B - \mathbf{A}^{BG} \cdot \underline{\tilde{\omega}}_{GB}^G \cdot J_{r\mathcal{R}}^G \cdot \underline{\omega}_r^G - \underline{\tilde{\omega}}_{BN}^B \cdot J_{r\mathcal{R}}^G \cdot \underline{\omega}_r^G - \mathbf{A}^{BG} \cdot J_{r\mathcal{C}}^G \cdot {}^N \dot{\underline{\omega}}_r^G + \underline{M}_{\mathcal{C}}^B)$$

- Representación espacio de estados.
- Controlador LQR.
- Estimador de actitud Madgewick.

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Bu} \quad (1)$$

$$\mathbf{u} = \mathbf{K}_{\text{LQR}}(\mathbf{x} - \mathbf{x}_0) \quad (2)$$

## Referencias

---

Hubert Hahn. *Rigid Body Dynamics of Mechanisms: 1 Theoretical Basis*. Springer Science & Business Media, 2013.