

## Desarrollo de estrategia de vuelo de formación de constelaciones de satelitales con velas solares

La exploración espacial está en un momento crítico, ya que las tecnologías de propulsión tradicionales no son suficientes para misiones prolongadas. Las velas solares, que utilizan la presión de radiación solar como fuente de energía ilimitada, están ganando relevancia por su capacidad para facilitar viajes interplanetarios con un enfoque en la eficiencia y sostenibilidad, en contraste con los métodos convencionales que dependen de combustibles finitos.

A pesar de que se han realizado pocas misiones con velas solares, como la reciente ACS3 de la NASA, los avances en diseño y materiales han renovado el interés en esta tecnología. Combinadas con constelaciones de satélites como CubeSats, las velas solares podrían revolucionar la exploración del espacio profundo y desempeñar un papel crucial en la colonización de la Luna, Marte y otros cuerpos celestes, facilitando una presencia humana permanente más allá de la Tierra.

Este proyecto tiene como objetivo diseñar una estrategia de vuelo en formación para un conjunto de velas solares alrededor del punto de libración L1, centrada en lograr maniobras de vuelo que mantengan la estabilidad orbital durante periodos prolongados. Para ello, se trabaja en el marco del problema restringido de los tres cuerpos (CRTBP), al que se le añade el término correspondiente a la aceleración causada por la presión solar. Este nuevo término altera la dinámica respecto al planteamiento clásico, proporcionando un contexto modificado que lleva al descubrimiento de nuevos puntos de equilibrio (A. McInnes, 2000).

Los nuevos puntos de Lagrange dependen del parámetro que relaciona el área de la vela con su masa, lo que permite ajustar la aceleración por presión solar y mejorar el control. Las ecuaciones de movimiento se reformulan en torno a L1 y se aproximan mediante una expansión en polinomios de Legendre (Richardson, 1980). Con esta aproximación de tercer orden, se generan condiciones iniciales que, a través de un esquema de corrección diferencial, permiten obtener soluciones periódicas numéricas. Estas soluciones configuran familias de órbitas para el vuelo en formación, optimizadas mediante el análisis de la matriz de transición de estados. Las órbitas nominales, utilizadas como referencia para el mantenimiento del vuelo, se analizan mediante la teoría de Floquet (L. Perko, 1996) para identificar direcciones de inestabilidad a partir de los valores propios de la matriz de transición. Una vez detectada la inestabilidad, se ajustan los ángulos de la vela solar en dirección opuesta. Además, se desarrolla un algoritmo que aplica reorientaciones mínimas en momentos clave, optimizando la estabilidad, eficiencia energética y durabilidad del vuelo en formación.

Esta investigación es significativa porque proporciona una estrategia novedosa y eficiente para el control y estabilidad de constelaciones de velas solares en torno al punto L1, contribuyendo al desarrollo de tecnologías que permitirán misiones espaciales de larga duración, sostenibles y con mayor precisión en la maniobrabilidad orbital.

### Nivel de formación

Pregrado

**Autor primario:** AGUDELO, Juanita (Estudiante)

**Presentador:** AGUDELO, Juanita (Estudiante)

**Clasificación de la sesión:** Posters