










Artículo de investigación

# Diseño de un sistema de absorción de energía para el aterrizaje de módulos de exploración espacial

## *Design of an energy absorption system for the landing of space exploration modules*



Quirino Estrada-Barbosa<sup>1</sup> , Eladio Martínez-Rayón<sup>2</sup> , Elva Lilia Reynoso-Jardón<sup>1</sup> , Jesús Silva Aceves<sup>1</sup> , Manuel de Jesús Nandayapa-Alfaro<sup>1</sup> , Lara C. Wiebe<sup>1</sup> , Francisco Javier Enríquez-Aguilera<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México

<sup>2</sup>Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET/TecNM, Interior Internado Palmira S/N, Col. Palmira, C.P. 62490, Cuernavaca, Morelos, México

**Autor de correspondencia:** Quirino Estrada, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México. E-mail: [quirino.estrada@uacj.mx](mailto:quirino.estrada@uacj.mx). ORCID: 0000-0003-0623-3780.

**Recibido:** 01 de Febrero del 2023

**Aceptado:** 11 de Abril del 2024

**Publicado:** 15 de Abril del 2024

**Resumen.** – Actualmente la exploración espacial está convirtiéndose en una actividad cada vez más importante desde que permiten aumentar el conocimiento en cuanto a la formación de planetas, actividades económicas (minería espacial) así como un mejor entendimiento de fenómenos geológicos y biológicos que permitan en el futuro la creación de hábitats humanos fuera del planeta Tierra. En este sentido, uno de los principales problemas de la exploración espacial está asociado al aterrizaje seguro de las sondas espaciales. A partir de lo anterior el presente artículo propone el diseño de un sistema de absorción de energía del tipo pasivo basado en deformación plástica de perfiles estructurales de aluminio. Para tal propósito se diseñaron y evaluaron individualmente perfiles estructurales con diversas formas geométricas utilizando el software de elementos finitos Abaqus. La evaluación numérica se realizó a través de ensayos de compresión en conjunto con el cálculo de los principales parámetros de resistencia al impacto. Los resultados mostraron un mejor desempeño del perfil CH-C el cual obtuvo la mejor eficiencia de fuerza de aplastamiento (CFE) igual a 0.83. A partir de lo anterior se implementó en un modelo discreto de un módulo de aterrizaje.

**Palabras clave:** Estructura de pared delgada; Exploración espacial; Método de elemento finito; Sistema de absorción de energía.

**Abstract.** – Currently, space exploration is becoming an increasingly important activity since it allows increased knowledge regarding the formation of planets, economic activities (space mining) as well as a better understanding of geological and biological phenomena that allow the creation of space in the future of human habitats outside planet Earth. In this sense, one of the main problems of space exploration is associated with the safe landing of space probes. Based on the above, this article proposes the design of a passive type of energy absorption system based on plastic deformation of aluminum structural profiles. For this purpose, structural profiles with various geometric shapes were individually designed and evaluated using the Abaqus finite element software. The numerical evaluation was carried out through compression tests in conjunction with the calculation of the main impact resistance parameters. The results showed a better performance of the HSC-1 profile which obtained the best crushing force efficiency (CHF) equal to 0.83. From the above, it was implemented in a discrete model of a generic space lander.

**Keywords:** Thin wall structure; Space exploration; Finite element method; Energy absorption system.