

Misión de Carga útil Sierra 1

Cosmoblastos - División de Medicina Aeroespacial (AAFI - UNAM)

1. Misión del proyecto

La misión del proyecto A.B.I.S. (Advanced Biological Integrity Shield) es diseñar, integrar y evaluar una carga útil con enfoque médico-aeroespacial, capaz de proteger sistemas frágiles multicapa frente a aceleraciones, vibraciones y desaceleraciones generadas durante un vuelo suborbital, utilizando el lanzamiento del cohete Sierra 1 como plataforma experimental.

Desde el enfoque de Cosmoblastos, el proyecto busca modelar y analizar la transferencia de energía mecánica hacia estructuras biológicas sensibles, empleando huevos como análogos físicos, con el objetivo de generar conocimiento aplicable a la protección de tejidos humanos, traumatología, neuroprotección, transporte de órganos y sistemas médicos sensibles en entornos aeroespaciales, con potencial de aplicación espacial como terrestre.

2. Objetivo general

Desarrollar y validar un sistema pasivo de amortiguamiento que minimice la transmisión de fuerzas mecánicas hacia sistemas frágiles durante las distintas fases del vuelo suborbital del cohete Sierra 1, asegurando la integridad estructural del mayor número posible de huevos, en cumplimiento con los criterios de la competencia FAR OUT.

3. Objetivos específicos

El proyecto tiene como objetivos específicos:

- Diseñar un sistema de amortiguamiento mecánico compatible con las dimensiones y masa asignadas a la carga útil.
- Evaluar el comportamiento del sistema ante eventos de alta aceleración, vibración y desaceleración.
- Comparar el desempeño de huevos protegidos con material amortiguador frente a huevos sin protección.
- Registrar parámetros físicos relevantes (aceleración, vibración y tiempo de disipación de energía), mediante sensores cuando sea posible.
- Analizar la integridad estructural post-vuelo como indicador de eficacia del sistema.

4. Enfoque médico

4.1 Analogía biomédica principal (Traumatología / Neuroprotección)

Se propone utilizar el huevo como análogo biomédico multicapa, estableciendo la siguiente analogía:

Huevo	Humano
Cascarón	Cráneo
Membrana interna	Meninges
Clara	Líquido cefalorraquídeo
Yema	cerebro

Esto permite modelar fenómenos similares a:

- Trauma craneoencefálico por vibración
- Lesión axonal difusa
- Microfracturas y fallas estructurales por resonancia
- Daño por aceleración/desaceleración

5. Hipótesis médica central

La incorporación de biopolímeros viscoelásticos de grado médico reduce significativamente la transmisión de aceleraciones pico, vibraciones de alta frecuencia y fuerzas de impacto hacia sistemas biológicos frágiles multicapa, preservando su integridad estructural durante eventos aeroespaciales extremos.

6. Rol del equipo médico dentro del proyecto

El equipo médico será responsable de:

- Definir analogías biomédicas
- Interpretar datos fisiológicos y biomecánicos
- Evaluar integridad estructural post-vuelo
- Traducir resultados a aplicaciones clínicas
- Justificar relevancia médica en competencia

7. Justificación médica y científica

En medicina aeroespacial y traumatología, la exposición a vibraciones prolongadas, aceleraciones elevadas y desaceleraciones bruscas representa un riesgo significativo para estructuras biológicas sensibles. Estos fenómenos están presentes no solo en el vuelo espacial, sino también en la aviación, el transporte de pacientes críticos y situaciones de impacto.

El huevo constituye un modelo experimental simple pero altamente representativo de un sistema biológico frágil multicapa. Su cáscara rígida actúa como una barrera estructural externa, mientras que su contenido interno responde de manera sensible a la energía transmitida desde el exterior. La pérdida de integridad del huevo permite inferir fallas en la disipación de energía mecánica.

La evaluación de sistemas de amortiguamiento en este contexto permite extrapolar resultados hacia aplicaciones reales, tales como:

- Diseño de sistemas de protección craneal.
- Transporte seguro de órganos y muestras biológicas.
- Amortiguamiento en cabinas aeroespaciales.
- Desarrollo de dispositivos médicos resistentes a la vibración.

Este enfoque aporta valor científico adicional al proyecto Sierra 1 sin interferir con los objetivos principales de la competencia.

8. Descripción general del sistema (diseño sugerido)

La carga útil se plantea como un sistema pasivo de protección mecánica, integrado dentro de la nariz del cohete Sierra 1. El diseño contempla una estructura interna que permita alojar múltiples huevos de manera independiente, evitando el contacto rígido directo con la estructura externa del cohete.

Cada huevo será colocado dentro de un compartimento individual con material amortiguador (biopolímero, gel viscoelástico u otro material a definir), permitiendo la disipación progresiva de la energía mecánica durante el vuelo y el aterrizaje.

El sistema podrá incluir un sensor IMU (acelerómetro y giroscopio) para el registro de aceleraciones y vibraciones, así como una cámara para documentación visual del experimento, sin que estos elementos sean indispensables para el cumplimiento de la misión principal.

9. Requerimientos funcionales del sistema (enfoque médico)

Desde el punto de vista médico-experimental, el sistema debe cumplir con las siguientes funciones:

- Proteger los huevos durante todas las fases del vuelo, especialmente durante el encendido, la eyección, el despliegue del paracaídas y el impacto con el suelo.
- Limitar la transmisión directa de fuerzas mecánicas hacia el huevo.
- Controlar el movimiento relativo del huevo dentro del compartimento.
- Mantener cada huevo aislado mecánicamente y evitar el contacto rígido directo huevo - estructura
- Permitir la comparación entre huevos protegidos y no protegidos para que el biopolímero actúe como amortiguador primario

El diseño debe evitar la compresión excesiva del huevo, los puntos de contacto rígido, el movimiento libre no controlado y la fuga del material amortiguador.

10. Parámetros de interés y mediciones

Para la evaluación del desempeño del sistema, se consideran de interés los siguientes parámetros:

- Aceleración máxima transmitida al sistema.
- Comportamiento vibratorio durante el vuelo.
- Tiempo de disipación de la energía tras eventos de impacto.
- Integridad estructural del huevo posterior a la recuperación.

La integración de sensores se considera un valor agregado para el análisis cuantitativo, aunque la integridad física del huevo continúa siendo el criterio principal de éxito.

10.1 Variables primarias

- Aceleración lineal (g)
- Aceleración angular
- Vibración (frecuencia y amplitud)
- Tiempo de amortiguación
- Pico de impacto

10.2 Variables comparativas

- Diferencias entre huevos con biopolímero vs. sin biopolímero
- Diferencias entre tipos de biopolímero (si aplica)
- Integridad estructural post-vuelo (macroscópica)

Se propone integrar un sensor IMU (acelerómetro + giroscopio) para análisis cuantitativo.

11. Restricciones médicas y de diseño (importantes desde inicio)

- No generar puntos rígidos de contacto directo
- Evitar compresión permanente del huevo
- Evitar movimientos libres no controlados
- Mantener estabilidad térmica del biopolímero
- Evitar fugas del gel durante vibración

12. Dimensiones y compatibilidad con Sierra 1

El diseño médico se adapta al volumen disponible definido por el equipo de ingeniería, aproximadamente $10 \times 10 \times 20$ cm, con una masa total no mayor a 4 kg. Este volumen permite alojar el sistema de amortiguamiento, los huevos, la estructura de soporte y los sensores opcionales, manteniendo la compatibilidad con la nariz del cohete Sierra 1.

13. Proveedores y materiales sugeridos

Para el desarrollo del sistema, se consideran los siguientes tipos de proveedores y materiales:

- Materiales amortiguadores:
Proveedores de geles viscoelásticos, siliconas industriales, espumas técnicas o biopolímeros de grado médico o industrial.
- Estructura y manufactura:
Materiales impresos en 3D (PLA, PETG, TPU) o estructuras ligeras de polímero o aluminio.
- Sensores y electrónica:
Proveedores de sensores IMU, microcontroladores y sistemas de adquisición de datos compatibles con el entorno del vuelo.
- Contención y sellado:
Materiales de sellado para evitar fugas del amortiguador durante vibración y aceleración.

La selección final de proveedores se realizará considerando disponibilidad, costo, compatibilidad técnica y peso.

14. Alineación con la competencia FAR OUT

El proyecto A.B.I.S. cumple con los criterios establecidos por la competencia FAR OUT al priorizar la supervivencia del mayor número de huevos, optimizar el volumen y la masa de la carga útil y garantizar su recuperación exitosa. Adicionalmente, incorpora un enfoque científico-médico que fortalece el valor académico y experimental del proyecto.

15. Conclusión

La carga útil A.B.I.S. representa una integración efectiva entre ingeniería y medicina aeroespacial, transformando una prueba de supervivencia estructural en un experimento con relevancia biomédica. Este enfoque permite generar conocimiento aplicable a problemas reales de protección de tejidos humanos y sistemas sensibles, sin comprometer los objetivos técnicos del proyecto Sierra 1. Esta misión no solo evalúa la supervivencia estructural, sino que propone soluciones con impacto real en la salud humana dentro y fuera del espacio.