



ESICI

ESCUELA DE INTELIGENCIA Y CONTRAINTELIGENCIA
"BRIGADIER GENERAL RICARDO CHARRY SOLANO"
INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR

BOLETÍN ESTRATÉGICO MULTIDISCIPLINAR

DISEÑO PRELIMINAR DE SOPORTE DE CÁMARA PARA EL MONITOREO DE CARGA EXTERNA EN LOS HELICÓPTEROS UH-60

Escrito por:

Juan David Bustos Quevedo*

Orientado por:

Ing. Juan Carlos Gamba Torres*

ST. Edwin Alexander Rativa Sáenz*

SV. Johnny Fernando Parrado Rodríguez**

* Escuela de Aviación del Ejército - ESAVE

** Centro de Desarrollo de Tecnología de Aviación - CEDET

RESUMEN:

La propuesta de investigación tiene como objetivo realizar el diseño preliminar de un soporte de cámara para los helicópteros UH-60 del Ejército, que permita visualizar en tiempo real la posición y comportamiento de la carga durante el vuelo. Para ello, se analizan cargas y factores de riesgo presentes en vuelo, permitiendo con ello la selección de materiales ligeros y resistentes como aleaciones de aluminio y compuestos. Mediante métodos CAD y cálculos de elementos finitos, se dimensiona la estructura y se analiza su resistencia a fuerzas de hasta 500 kg, resultando en un prototipo modular de fácil instalación y mantenimiento.

ANTECEDENTES

- En las operaciones de carga externa en UH-60, el Ejército Colombiano depende únicamente de la estimación visual y la experiencia del maestro de carga para vigilar la posición y oscilaciones de la carga, sin un sistema electrónico de apoyo estandarizado de monitoreo.
- Incidentes como el accidente COL-17-48-GIA (2017), donde las oscilaciones de la carga provocaron el corte de una eslinga y la caída de material, evidenciaron el riesgo de daños en infraestructura y lesiones a terceros.
- A nivel internacional, fabricantes como Sikorsky han implementado sistemas de monitoreo virtual de cargas mediante algoritmos computacionales y sensores, demostrando que la integración de datos en tiempo real mejora la seguridad durante operaciones de carga suspendida.
- Estudios de modelado dinámico del sistema de carga suspendida (por ejemplo, Cao et al., 2020) resaltaron la importancia de contar con datos en tiempo real para pronosticar el comportamiento aerodinámico de la carga y evitar inestabilidades en vuelo.



Ejército Nacional de Colombia. (s. f.). Helicóptero UH-60 con carga externa [Fotografía]. Ejército Nacional de Colombia.

CONTEXTO ACTUAL

- En el año 2024, las operaciones con carga externa en helicópteros UH-60 continúan siendo una herramienta fundamental en misiones militares, logísticas y humanitarias ejecutadas por el Ejército Colombiano.
- Estas misiones se desarrollan principalmente en regiones con condiciones geográficas adversas, como zonas selváticas, cordilleras y áreas rurales, donde el acceso terrestre resulta limitado o inexistente.
- Actualmente, el monitoreo de la carga durante el vuelo se realiza de forma visual por parte del maestro de carga, sin sistemas tecnológicos que proporcionen retroalimentación en tiempo real al piloto o a la tripulación.
- La dependencia del juicio humano, sumada a factores como la meteorología variable y la inestabilidad del terreno, incrementa el riesgo de oscilaciones, desplazamientos indeseados o pérdida de la carga suspendida.
- Aunque existen propuestas en fase de diseño preliminar para implementar soportes de monitoreo, aún no se ha logrado su integración efectiva en la flota UH-60, lo que evidencia una brecha tecnológica en el entorno operativo nacional.



Ejército Nacional de Colombia. (s. f.). Helicóptero UH-60 con carga externa [Fotografía]. Ejército Nacional de Colombia.

"EN GUARDIA POR LA PATRIA"



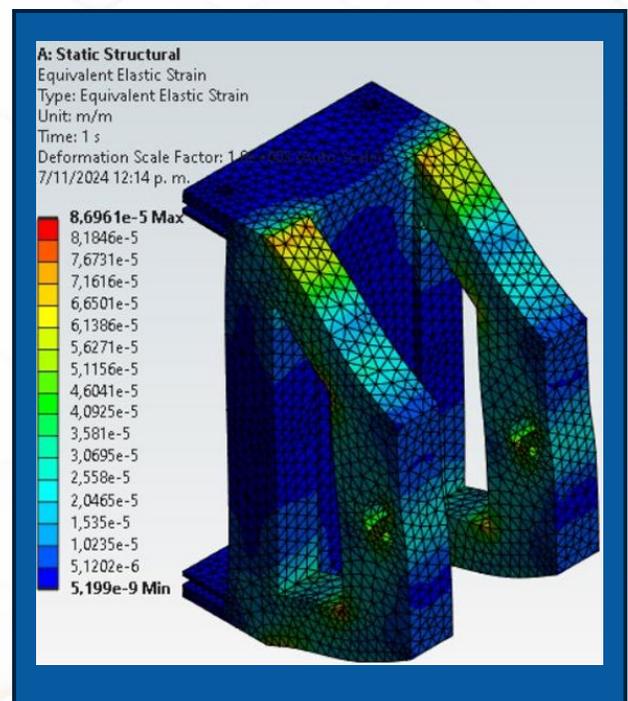


IMPLICACIONES

- La incorporación de un soporte para cámara en helicópteros UH-60, diseñado para el monitoreo de carga externa, representa un avance significativo en términos de seguridad operativa. Al permitir una supervisión visual en tiempo real, se optimiza la capacidad de respuesta ante oscilaciones, desplazamientos irregulares o posibles fallas en el sistema de suspensión.
- Esta mejora en la vigilancia de la carga contribuye a mitigar riesgos asociados a accidentes, pérdidas materiales y afectaciones a terceros en tierra, reforzando el cumplimiento de estándares de seguridad aérea en misiones de transporte y apoyo logístico.
- El diseño modular, ligero y estructuralmente compatible con la plataforma UH-60 facilita su integración sin comprometer el rendimiento aerodinámico ni exceder los límites de peso de la aeronave, favoreciendo con ello implementación a corto plazo sin necesidad de modificaciones mayores.
- El uso de modelado tridimensional asistido por computador (CAD) y análisis por elementos finitos (FEA) no solo garantiza la viabilidad estructural del soporte, sino que también fortalece las capacidades de ingeniería aplicada en el contexto militar y la escuela de aviación, promoviendo así el desarrollo tecnológico nacional.
- La validación funcional de este tipo de dispositivos abre la posibilidad de incorporar sensores complementarios que permitan apoyar diferentes operaciones de logística dentro del Ejército nacional.
- A mediano plazo, la experiencia adquirida en este proyecto puede ser replicada en otras plataformas aéreas de la Fuerza Pública, sentando bases para una doctrina de modernización enfocada en la supervisión activa de cargas y la integración de sistemas inteligentes embarcados.

AFECTACIONES PARA COLOMBIA

- La integración de un sistema de monitoreo visual mediante soporte de cámara, en helicópteros UH-60, permitiría la transición de procedimientos basados en percepción subjetiva hacia una supervisión objetiva y verificable, fortaleciendo la trazabilidad de eventos durante misiones críticas.
- Esta innovación aporta valor estratégico al fortalecer la conciencia situacional del piloto respecto al comportamiento de la carga suspendida, reduciendo así la probabilidad de fallas operacionales asociadas a oscilaciones no controladas o pérdidas de estabilidad en vuelo.
- Una implementación escalonada del soporte permitiría reducir significativamente los costos derivados de accidentes por pérdida de carga, disminuyendo el desgaste no programado de componentes estructurales y las intervenciones de mantenimiento correctivo.



Bustos Quevedo, J. D. (2024). Diseño preliminar de soporte de cámara para el monitoreo de carga externa en los helicópteros UH-60 [Tesis de pregrado, institución no identificada]. Bogotá D.C., Colombia.



AFECCIONES PARA COLOMBIA

- Este tipo de desarrollo contribuye al fortalecimiento de la soberanía tecnológica, al fomentar soluciones diseñadas desde el contexto operacional colombiano, lo que reduce la dependencia de sistemas importados y permite adaptar el equipamiento a condiciones locales específicas.
- A nivel formativo, el diseño e implementación del soporte promueve el desarrollo de capacidades técnicas en ingeniería aeronáutica, diseño mecánico y análisis estructural dentro de las Fuerzas Militares, consolidando una base de conocimiento útil para futuros proyectos estratégicos.
- La experiencia obtenida a partir de esta iniciativa puede servir como modelo para replicar procesos de innovación aplicada a otros helicópteros, expandiendo el impacto del conocimiento técnico generado hacia un enfoque sistémico de modernización aérea.
- En escenarios de apoyo logístico, desastres naturales o evacuaciones médicas, el sistema propuesto permitiría realizar maniobras de carga con mayor precisión y menor riesgo, incrementando con ello la capacidad de respuesta institucional en situaciones de alta complejidad operativa.

REFERENCIAS

- Aerossurance. (2017, 4 de febrero). Unexpected Load: AS350B3 USL / External Cargo Accident in Norway. <https://aerossurance.com/safety-management/unexpected-load-as350b3-usl/>
- Beale, R. J., & Davis, M. W. (2019). Application of virtual monitoring of loads (Patent US10380277B2).
- Bisgaard, M., la Cour-Harbo, A., & Dimon Bendtsen, J. (2010). Adaptive control system for autonomous helicopter slung load operations. *Control Engineering Practice*, 18(7), 800–811. <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2010.01.017>
- Brenner, M., & Stutz, P. (2023). UDW: A dataset for automated monitoring of cargo-handling during sling-load operations. En 2023 Seventh IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC) (pp. 223–230). <https://doi.org/10.1109/IRC59093.2023.00044>
- Bustos Quevedo, J. D. (2024). Diseño preliminar de soporte de cámara para el monitoreo de carga externa en los helicópteros UH-60 [Tesis de pregrado, institución no identificada]. Bogotá D.C., Colombia.
- Cao, Y., Nie, W., Wang, Z., & Wan, S. (2020). Dynamic modeling of helicopter-slung load system under the flexible sling hypothesis. *Aerospace Science and Technology*, 99, 105770. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2020.105770>
- de Voogt, A., & Nero, K. (2023). Technical failures in helicopters: Non-powerplant-related accidents. *Safety*, 9(1), 10. <https://doi.org/10.3390/safety9010010>
- Lawati, M. Al, & Lynch, A. F. (2023). Path-following control for a slung load system. En 2023 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM) (pp. 247–254). <https://doi.org/10.1109/AIM46323.2023.10196236>
- Liu, L., Chen, M., & Li, T. (2022). Disturbance observer-based robust coordination control for unmanned autonomous helicopter slung-load system via coupling analysis method. *Applied Mathematics and Computation*, 427, 127148. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2022.127148>
- Manwaring, J. C., Conway, G. A., & Garrett, L. C. (1998). Epidemiology and prevention of helicopter external load accidents. *Journal of Safety Research*, 29(2), 107–121. [https://doi.org/10.1016/S0022-4375\(98\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(98)00007-3)
- Nonnenmacher, D., & Kim, H.-M. (2020). Evaluation of an advanced slung load control system for piloted cargo operations. *CEAS Aeronautical Journal*, 11, 451–462. <https://doi.org/10.1007/s13272-020-00458-7>
- Oktay, T., & Sultan, C. (2013). Modeling and control of a helicopter slung-load system. *Aerospace Science and Technology*, 29(1), 206–222. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2013.03.005>
- Omar, H. (2012). Anti-swing controller based on time-delayed feedback for helicopter slung load system near hover. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 4, 297–305. <https://doi.org/10.5028/jatm.2012.04031512>
- Ren, Y., Liu, D., Zhao, Z., & Ahn, C. K. (2023). Finite-time anti-disturbance control of an information-constrained autonomous helicopter flexible slung-load system. *Aerospace Science and Technology*, 140, 108417. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2023.108417>
- Ren, Y., Liu, Z., Zhao, Z., & Lam, H.-K. (2024). Adaptive active anti-vibration control for a 3-D helicopter flexible slung-load system with input saturations and backlash. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 60(1), 320–333. <https://doi.org/10.1109/TAES.2023.3323427>
- Sharma, S., Mustafa, J., & Bhati, S. (2024). Experimental study of gyroscopic effects on rotating disc. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 105(3), 573–585. <https://doi.org/10.1007/s40032-024-01045-z>
- Sikora, D., Dean, S., & Goodrich, L. (2024). State information and telemetry for suspended load control equipment apparatus, system, and method (Patent US11932402B2).
- Tang, Z., Yuan, D., Xing, X., Cai, X., Cai, Y., & Zhang, J. (2019). Research on the anti-swing controller for helicopter slung load. En 2019 1st International Conference on Industrial Artificial Intelligence (IAI) (pp. 1–4). <https://doi.org/10.1109/ICIAI.2019.8850816>
- WANG, L., CHEN, R., & YAN, X. (2021). Trajectory optimization of aerial slung load release for piloted helicopters. *Chinese Journal of Aeronautics*, 34(2), 229–239. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2020.07.025>