



Vigilancia tecnológica para la construcción de un equipo de almacenamiento y transporte de misiles

Fecha de recibido: 17 de junio 2023	Fecha de aprobado: 17 de abril 2024
Reception date: June 17, 2023	Approval date: April 17, 2024
Data de recebimento: 17 de junho de 2023	Data de aprovação: 17 de abril de 2024

Abdon Estibenson Uribe Taborda

<https://orcid.org/0000-0003-4058-4365>
abdon.uribe@fac.mil.co

Magíster en Seguridad Operacional
Investigador – Escuela de Postgrados Fuerza
Aérea Colombiana, Colombia
Rol del investigador: teórico y escritura
Grupo de Investigación en Estudios Aeroespaciales
GIEA, y CELSO de la EPFAC

Master's Degree in Operational Safety
Researcher – Colombian Air Force Graduate School, Colombia
Researcher's role: theoretical and writing
Aerospace Studies Research Group GIEA,
and CELSO of the EPFAC

Mestrado em Segurança Operacional
Investigador – Escola de Pós-Graduação da Força
Aérea Colombiana, Colômbia
Papel do investigador: teórico e escrito
Grupo de Investigação em Estudos Aeroespaciais
GIEA, e CELSO da EPFAC

Diego Alexander Muñoz Morales

<https://orcid.org/0009-0007-4027-5606>
juandaniego@gmail.com

Ingeniero de Productividad y Calidad
Investigador – Corporación Clúster Aeroespacial
Colombiano CAESCOL, Colombia
Rol del investigador: teórico y escritura

Productivity and Quality Engineer
Researcher – Colombian Aerospace Cluster
Corporation CAESCOL, Colombia
Researcher's role: theoretical and writing

Engenheiro de Produtividade e Qualidade
Investigador – Corporação do Cluster Aeroespacial
da Colômbia CAESCOL, Colômbia
Função do investigador: teórica e escrita

Cómo citar este artículo: Uribe Taborda, A. E., y Muñoz Morales, D. A. (2024). Vigilancia tecnológica para la construcción de un equipo de almacenamiento y transporte de misiles. *Ciencia y Poder Aéreo*, 19(2), 95-111. <https://doi.org/10.18667/cienciaypoderareero.824>



Vigilancia tecnológica para la construcción de un equipo de almacenamiento y transporte de misiles

Technology watch for the construction of missile storage and transport equipment

Vigilância tecnológica para a construção de equipamento de armazenamento e transporte de mísseis

Resumen: Con el presente artículo, se detalla la búsqueda sistemática y organizada mediante la consulta de importantes bases de datos bibliográficas, como Web of Science, Scopus, Google Academic y Science Direct, y la lectura de textos seleccionados, con el fin de identificar las tecnologías utilizadas para el proceso de almacenamiento y transporte de misiles de uso militar, así como los principales proveedores o fabricantes de este tipo de equipamiento. Se cita un compilado de patentes e imágenes de dichos sistemas que describen especificaciones técnicas como: peso, capacidad de carga, funciones específicas, tipo de mecanismo y tipo de armamento para el que fue diseñado, etc. El artículo también ilustra las capacidades que posee la industria local para diseñar tecnología que supla necesidades con altos estándares de calidad, basados en una serie de equipos y tecnologías que ofrecen respecto a *cuáles son los principales fabricantes de sistemas de almacenamiento, tipos de equipos utilizados, así como toda la información que sirvió de base para desarrollar un prototipo funcional de almacenamiento y transporte tipo Shelter que se acople a las necesidades puntuales de la Fuerza Aeroespacial Colombiana, específicamente para la flota del AH60L (Black Hawk).*

Palabras clave: aeronave; arma; cohete; equipo de transporte; equipo terrestre de apoyo aeronáutico; misil; misil aéreo; munición; prototipo funcional; Shelter.

Abstract: This article details the systematic and organized search through the consultation of important bibliographic databases, such as Web of Science, Scopus, Google Academic and Science Direct, and the reading of selected texts, in order to identify the technologies used for the process of storage and transport of missiles for military use, as well as the main suppliers or manufacturers of this type of equipment. A compilation of patents and images of such systems is cited, describing technical specifications such as: weight, load capacity, specific functions, type of mechanism and type of armament for which it was designed, etc. The article also illustrates the capabilities of the local industry to design technology that meets the needs with high quality standards, based on a series of equipment and technologies that offer the main manufacturers of storage systems, types of equipment used, as well as all the information that served as a basis for developing a functional prototype of storage and transport Shelter type that fits the specific needs of the Colombian Aerospace Force, specifically for the fleet of AH60L (Black Hawk).

Keywords: Aircraft; weapon; rocket; transport equipment; aeronautical support ground equipment; missile; air missile; ammunition; functional prototype; Shelter.

Resumo: Este artigo detalha a pesquisa sistemática e organizada por meio da consulta a importantes bases de dados bibliográficos, como Web of Science, Scopus, Google Acadêmico e Science Direct, e a leitura de textos selecionados, com o objetivo de identificar as tecnologias utilizadas para o processo de armazenamento e transporte de mísseis de uso militar, bem como os principais fornecedores ou fabricantes desse tipo de equipamento. É citada uma compilação de patentes e imagens de tais sistemas, descrevendo especificações técnicas como: peso, capacidade de carga, funções específicas, tipo de mecanismo e tipo de armamento para o qual foi projetado, etc. O artigo também ilustra a capacidade da indústria local de projetar tecnologia que atenda às necessidades com altos padrões de qualidade, com base em uma série de equipamentos e tecnologias oferecidas pelos principais fabricantes de sistemas de armazenamento, tipos de equipamentos utilizados, bem como todas as informações que serviram de base para o desenvolvimento de um protótipo funcional de armazenamento e transporte do tipo Shelter que se adapte às necessidades específicas da Força Aeroespacial Colombiana, especificamente para a frota de AH60L (Black Hawk).

Palavras-chave: Aeronave; arma; foguete; equipamento de transporte; equipamento terrestre de apoio aeronáutico; míssil; míssil aéreo; munição; protótipo funcional; Shelter.

Introducción

Los contenedores de uso militar para el transporte permiten movilizar diferentes materiales desde un punto determinado hasta un área de interés donde logran ampliar la gama de sostenibilidad y conservación. De hecho, la munición es uno de los materiales más críticos para transportar dadas unas características muy particulares que pueden, en muchos casos, ser causantes de dificultades como, por ejemplo, la forma irregular, el alto peso y la explosividad.

De ahí que se hayan desarrollado diversos equipos de almacenamiento y transporte de municiones que permiten ampliar el rango de operación de las aeronaves de combate. Dichos equipos proporcionan convencionalmente un sistema (conservación, provisión, *stock*, etc.) que se despliega para soportar las necesidades de consumo de armamento aéreo en un ambiente de operaciones.

Es importante comprender que las aeronaves militares requieren puntos de abastecimiento de municiones y explosivos para mantener su capacidad operativa. Por lo general, se busca que este abastecimiento sea cercano y optimice el tiempo de respuesta.

A su vez, el material de guerra requiere unas condiciones ideales para su transporte y almacenamiento. Con este propósito, se han desarrollado contenedores que buscan la protección y el fácil envío del material a través de vehículos vía terrestre o aérea. Por ende, los equipos que se encuentran a nivel internacional están en servicio en muchos países y en desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas que mejoren su funcionamiento y sus características de almacenamiento, protección y carga.

Por otro lado, dadas las cambiantes condiciones geopolíticas mundiales y la experiencia de la Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC) durante los años anteriores, aparece la necesidad de aumentar la capacidad de respuesta de las unidades militares ante posibles amenazas. El presente artículo, además, plantea una síntesis del proceso de diseño y fabricación de un prototipo funcional de un sistema de transporte **tipo Shelter** para la familia de misiles SPIKE NLOS, con lo

cual se acondiciona un sistema de apoyo que garantice condiciones de seguridad en el transporte, almacenamiento y despliegue de los equipos en cualquier localización geográfica del territorio colombiano.

En general, se busca innovar progresivamente el proceso actual de transporte y almacenamiento de los misiles del equipo AH60L Black Hawk Arpía IV, como aeronave estratégica para proteger la soberanía de Colombia. Se busca de manera rigurosa desarrollar un módulo estándar para el transporte de misiles de la FAC por vía aérea, marítima y terrestre para el aumento de la eficiencia en las operaciones militares.

Hecha esta contextualización, el presente artículo, que detalla inicialmente un proceso de vigilancia tecnológica, hace una revisión del desarrollo de tecnologías para la manipulación y el transporte de municiones. Se implementa la metodología de ruta crítica e inicia con la recolección de información primaria de los diferentes escenarios de operación en los que es requerido el armamento misil SPIKE NLOS, poniendo en contexto el proceso actual de su transporte, y finaliza con la fabricación de un módulo (prototipo funcional) que permita ser transportado eficientemente a través de los tres ecosistemas requeridos (aéreo, terrestre y marítimo).

Problema de investigación

El transporte de municiones y armamento aéreo se rige por las recomendaciones de las casas fabricantes y las regulaciones establecidas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Tradicionalmente, los sistemas de seguridad se envían en contenedores amortiguados; algunos de ellos son contenedores especiales y herméticos para proteger los sistemas de los cambios de temperatura y humedad.

Sistemas de almacenamiento de este tipo existen en el mercado, pero lo que se pretende al desarrollar y fabricar equipo ETAA (Equipo Terrestre de Apoyo Aeronáutico) es mejorar especificaciones de diseño y función en relación costo-beneficio. Hay unidades similares que comercialmente oscilan entre sesenta y

cinco mil (USD 65.000) y noventa mil (USD 90.000) dólares para aplicaciones afines. Cabe anotar que ajustar las características de equipos comerciales a las necesidades propias incrementa sus costos de fabricación e importación.

En Colombia, el transporte de armamento aéreo se realiza vía terrestre o aérea. Para el caso terrestre, el transporte se realiza disponiendo los misiles en el empaque de fabricante (caja de madera) dentro de contenedores metálicos, usados tradicionalmente para transporte de mercancías; en el caso de transporte aéreo, los misiles se movilizan en su empaque original. En ambos casos, los misiles se transportan y almacenan en condiciones que comprometen su integridad, ya que se someten a condiciones ambientales desfavorables y a vibraciones mecánicas que pueden causar fallas en sus sistemas control.

Los misiles en su empaque original (cánister) contienen un motor de cohete de combustible sólido, carga explosiva, sistema de comunicación con el operador, sistema de cámara especializada, sistema de transmisión de imágenes en tiempo real y sistema de control de vuelo, todos compuestos por equipo electrónico sensible a vibraciones, cambios de humedad y cambios de temperatura. Para la manipulación de estos equipos, se deben utilizar varios técnicos debido al peso de los misiles, ya que en su empaque original para manipulación, almacenamiento y transporte (caja de madera) cada equipo alcanza un peso de 110 kg, mientras que el equipo individual (misil con cánister) tiene un peso de 150lb (75 kg) (ver figura 1).

Es de resaltar que el despliegue de dicho armamento en aeronaves UH60 Black Hawk Arpía IV requiere el proceso de transporte y manipulación de los misiles a las áreas de operación en cualquier base del territorio nacional, donde suelen ser instalados en las configuraciones requeridas por las áreas operacionales. Esto genera un alto riesgo para los equipos debido a posibles golpes o impactos por caídas y/o desfavorables condiciones ambientales en su almacenamiento. Cabe ampliar que cualquier impacto por caída súbita de alturas superiores a cincuenta centímetros (50 cm) puede generar la pérdida de la calibración de los sistemas de ubicación satelital y de navegación del material

de guerra, lo cual deriva en costos adicionales dado que los equipos deben ser verificados por el fabricante para validar su integridad y operatividad.

La necesidad de este equipo especializado en transporte y almacenamiento tipo Shelter para los misiles SPIKE NLOS radica en los exigentes requerimientos técnicos del fabricante¹ en cuanto a condiciones ambientales y manipulación de los misiles, los cuales garantizan las condiciones de operación de las municiones sobre cualquier territorio de la geografía nacional.



Figura 1. Misil SPIKE; cánister y caja de madera para manipulación, transporte y almacenamiento de la munición

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Equipos usados para transporte de municiones

Fuente: elaboración propia.

¹ Manual reservado c6hxxx50a de octubre de 2015, el cual es la guía primaria para embalaje, manipulación almacenamiento y transporte de misiles aire tierra, y el manual reservado TM91XXXX46013&P para mantenimiento, cuidados y prácticas estándar generales en sistemas de lanzamiento de *rockets* (Rafael Advanced Defense Systems, 2015).

En el proceso de transporte y despliegue de estos equipos, generalmente se usan vehículos o plataformas no adaptados a las geometrías de sus cajas, lo que dificulta la sujeción y protección de los equipos. Tales situaciones son más complejas en las bases aéreas donde son desplegados los misiles, debido a que algunas no poseen plataformas de maniobras para aeronaves o superficies asfaltadas que permitan el acercamiento de los vehículos o las plataformas de transporte. Algunos de los equipos utilizados en el transporte pueden visualizarse en la figura 2.

El presente artículo describe cómo se resolvió una necesidad puntual de la FAC, proponiendo el diseño y la fabricación de un equipo de manipulación y transporte para los misiles SPIKE que permita mantener condiciones ambientales favorables y con geometrías ajustadas a las dimensiones de los equipos, en busca de asegurarlos y transportarlos de forma segura. En general, el desarrollo tecnológico busca innovar progresivamente el proceso actual de transporte y almacenamiento de los misiles del equipo AH60L Black Hawk Arpía IV, como aeronave estratégica para proteger la soberanía de Colombia.

De esta manera, se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿es posible diseñar y fabricar un sistema tipo Shelter para el almacenamiento y el transporte de los misiles SPIKE, de tal forma que se garantice la integridad y seguridad de dichos misiles, conservando la salud en el trabajo e incrementando la eficiencia operacional?

Estado del arte

Según Siva-Krishna *et al.*:

Los misiles son máquinas robustas y bien construidas, pero debido a su tamaño, peso y volumen, no son tan fáciles de manejar ni son indestructibles. La mayoría de los daños de los misiles son, lamentablemente, el resultado de un descuido y malas prácticas de manejo. Para reducir la posibilidad de daños, los misiles se envían, almacenan y manipulan con equipos

especiales. Los contenedores, botes y equipos de manipulación aprobados proporcionan la máxima seguridad de misiles con una manipulación mínima por parte del personal. (2012)

En el transporte de armamento y en especial el transporte de misiles, son muchos los factores a considerar. Según Wang, “los riesgos del transporte de contenedores de misiles se dividen en cuatro categorías: factores mecánicos, factores ambientales, factores químicos y factores biológicos” (2016). Desde su salida de la fábrica hasta el envío al lugar designado, el proceso de transporte de misiles incluye carga y descarga, almacenamiento, transporte y uso, además de consideraciones importantes como cambios de temperatura, humedad, radiación solar, viento y contenido de oxígeno dentro de su empaque.

Siva-Krishna *et al.*: a su vez indica que “los contratistas de defensa amplían el concepto de sistemas de armas extremadamente móviles que cumplen con las restricciones de dimensiones y peso de los contenedores de envío ordinarios” (2019). Acorde a las conclusiones de Srinivasulu y Mamilla:

[...] el contenedor de misiles está hecho de una estructura de carcasa compuesta reforzada con nervaduras rectangulares en la superficie interior. Para reducir la posibilidad de daños, los misiles se envían, almacenan y manipulan con contenedores de misiles aprobados los cuales brindan máxima seguridad a los misiles con una manipulación mínima por parte del personal. Esto hace que el diseño y la fabricación de contenedores de misiles sean de vital importancia. También se identifica que el contenedor de misiles está sujeto a carga de presión interna, carga de apilamiento, carga de frenado y carga de elevación. (2017)

En referencia al deterioro del sistema de armamento en el almacenamiento de misiles, Zhang *et al.* describen a manera de ejemplo:

[...] un sistema de armas de misiles antes de ser lanzado, con un tiempo de almacenamiento extremadamente largo, puede experimentar diferentes estados

de trabajo que involucran almacenamiento, transporte, inspecciones y mantenimiento durante su servicio. Los estudios han demostrado que, debido a las influencias de la temperatura, la humedad y los factores humanos en las condiciones de almacenamiento, el rendimiento de los giroscopios instalados en el armamento, exhiben tendencias decrecientes después de algún tiempo de almacenamiento. (2015)

A nivel internacional, en el marco del transporte de sistemas de armamento, se referencia el documento de las Naciones Unidas denominado “Norma / Directriz de micro desarme regional de Europa Sudoriental y Oriental (RMDS/G)”, emitido por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD):

No existen reglamentos o códigos de prácticas internacionales específicos que se relacionen directamente con el almacenamiento seguro de municiones y explosivos. Sin embargo, las alianzas internacionales sí cuentan con literatura consolidada que cubre esta área técnica. Un excelente ejemplo son las Publicaciones 1 y 2 de Almacenamiento y Transporte de Municiones Aliadas de la OTAN (AASTP 1 y 2): Principios de seguridad para el almacenamiento y transporte de municiones militares y explosivos. (United Nations, 2011)

Según la publicación no clasificada de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN): “El uso de contenedores de carga es cada vez más común en todos los modos de transporte. Una ventaja del transporte por contenedor es que las cargas se pueden transferir de un modo de transporte a otro sin recargas intermedias evitando así daños a la carga” (NATO, 2005).

El sistema de armamento SPIKE “está siendo utilizado por 34 países de todo el mundo donde son utilizados por ejércitos en varias plataformas de sistemas navales y terrestres” (Hashomer, 23 de junio de 2020). As su vez, al año 2020, “se han suministrado más de 33.000 cartuchos y se han integrado en 45 plataformas diferentes, que incluyen helicópteros de ataque,

vehículos terrestres, buques de guerra y más” (Hashomer, 23 de junio de 2020).

Colombia cuenta con “Misiles SPIKE-LR/ER y SPIKE-NLOS para helicópteros UH-60 modernizados a Arpía-4” (Stockholm International Peace Research Institute [SIPRI], 2021). Así mismo:

La Fuerza Aérea Colombiana (FAC) ha incorporado en sus helicópteros de ataque del tipo Sikorsky AH-60L Arpía-IV, dentro del proceso de modernización y conversión de plataformas Arpía, que actualmente se encuentran desplegadas en el Comando Aéreo de Combate CACOM 5. (Saumeth, 23 de abril de 2018)

Actualmente, el proceso para transportar e instalar los misiles SPIKE se realiza por personal técnico de la FAC. Los misiles son transportados a las zonas de operación vía terrestre o aérea. En el transporte terrestre, los misiles se transportan dentro de un contenedor metálico utilizado para transporte de mercancías. Ubicados en las zonas de operación, los contenedores son emplazados generalmente en zonas expuestas a los elementos, sometiendo los misiles a condiciones ambientales desfavorables que ponen en riesgo su operación. En el caso de transporte aéreo, los misiles son transportados en sus empaques originales (cajas de madera), los cuales se ubican y aseguran en el interior de las aeronaves para ser transportados hasta la zona de operación. Al igual que el transporte terrestre, al llegar a las zonas de operación, los misiles se ven expuestos a condiciones ambientales desfavorables que ponen en riesgo los sistemas de control de los misiles.

El problema central detectado, en el proceso de transporte y almacenamiento de los misiles en zonas de operación, es la exposición a condiciones ambientales desfavorables, las cuales comprometen el normal funcionamiento de los sistemas y subsistemas del equipo misil SPIKE. Estas variaciones de humedad y temperatura pueden afectar operaciones militares estratégicas. Equipos especializados para transporte y almacenamiento de sistemas de armamento se pueden observar en la tabla 1.

Tabla 1.
Equipos especializados para transporte y almacenamiento de equipos militares

Nombre / Referencia	Imágenes de equipos especializados para transporte y almacenamiento de municiones
Cargo Trailers (Voss, 22 de junio de 2010)	
Military Packaging (GWP Group, 2021)	
Missions Applications (GWP Group, 2021)	
Transport And Storage Solutions (Varley, s. f.)	
Bombs Container (Johnson, 24 de abril de 2015)	

Fuente: elaboración propia.

Equipos similares pueden referenciarse en documentos como el manual técnico: *Transportability Guidance: Redeye Air Defense Guided Missile System*, en el cual se “proporciona una guía de transportabilidad para el manejo logístico y el movimiento de los principales artículos finales que comprenden el misil guiado de defensa aérea Redeye” (Department of the Army of the United States, 1989).

Tras realizar un proceso previo de vigilancia tecnológica, se encuentran equipos similares destinados a otras labores de transporte y almacenamiento, que podrían ser el punto de partida para el equipo que se va a desarrollar (ver tabla 2).

Tabla 2.
Fabricantes de equipos de transporte y almacenamiento de equipos militares

Fabricante / Referencia	Imágenes de equipos tipo Shelter de uso militar
KF Mobile Systems (KF Mobile Systems, 15 de marzo de 2019)	
Wenzlau Engineering (Wenzlau Engineering, s. f.)	
Ellis & Watts Global Industries (Ellis & Watts, s. f.)	
Mistral Inc. (Mistral Inc., s. f.)	

Continúa

Fabricante / Referencia	Imágenes de equipos tipo Shelter de uso militar
General Dynamics (General Dynamics, s. f.)	
SIAG OMC (Army Technology, 3 de marzo de 2011)	
Clegg Industries Inc. (Clegg Industries Inc., s. f.)	
Zeppelin Mobile Systeme GmbH (Military Systems & Technology, s. f.)	
KF Mobile Systems (KF Mobile Systems, s. f.)	

Fuente: elaboración propia.

Entre los resultados de la vigilancia tecnológica, se enfatizó el análisis de tendencia anual de publicación de patentes, los líderes (países y empresas) de estas tecnologías y las principales líneas de desarrollo (representados en los códigos IPC). Mediante esta estrategia de búsqueda, fue posible realizar un análisis general de tendencias e identificar manualmente las patentes que por su contenido técnico se asociaron a

tecnologías relacionadas con equipos para transportar y almacenar misiles. Los resultados generales obtenidos de la consulta se ilustran en la figura 3.

Countries	Applicants	Inventors	IPC code	Publication Dates
Russian Federation	25 MBDA ITALIA SPA	2 ASTE GIOVANNI	2 F41F 24	2012 1
United States of American	4 AIRBUS	1 CIANCHETTINI MASSIMO	2 F41A 6	2013 2
Germany	1 BRUEGGEMANN AND BRAND KG	1 ABEL ALFRED	5 F42B 4	2014 2
European Patent Office	3 CHS	1 CATTEUW BERNARD	1 B64D 3	2015 0
China	3 SPEZIAL CONTAINER SHELTER AND ENGINEERING GMBH	1 CROWLEY DAVID R.	3 F41G 2	2016 4
France	2 GRAMBEIER MICHAEL	1 DONG CHUXU	1 B60P 1	2017 3
United Kingdom	1 HIVERT JEAN PIERRE	1 DRAGANI TEODORO	1 B63C 1	2018 4
	1 HUBEI SANJIANG SPACE WANFENG TECH DEVELOPMENT COLTD	1 DRAGANI TEODORO ANDREA	1 B64G 1	2019 5
	1 INNER MONGOLIA FIRST MACHINERY GROUP CO	1 FILIPPOV VALERIJ VIKTOROVICH [RU]	1	2020 3
	1 KRAUSS MAFFEI WEGMANN GMBH AND C	1 FISCHER MANFRED	1	
	1 LORAL VOUGHT SYSTEMS CO			

Figura 3. Resultados de la búsqueda en PatentScope

Fuente: Adaptado de World Intellectual Property Organization (WIPO, 2021).

Acorde a la clasificación internacional de patentes, o International Patent Classification (IPC), se obtuvieron las áreas de desarrollo tecnológico más destacadas en las patentes relacionadas con la fabricación de equipos para el transporte y almacenamiento de municiones. Entre los códigos IPC destacados, encontramos:

- **IPC code F41F:** 92 patentes; apparatus for launching projectiles or missiles from barrels, e.g. cannons (Smallarms F41c); launchers for rockets or torpedoes; harpoon guns.
- **IPC code F41A:** 84 patentes; functional features or details common to both smallarms and ordnance, e.g. cannons; mountings for smallarms or ordnance.
- **IPC code F42B:** 84 patentes; explosive charges, e.g. for blasting; fireworks; ammunition.

- **IPC code B64D:** 4 patentes; equipment for fitting in or to aircraft; flying suits; parachutes; arrangements or mounting of power plants or propulsion transmissions in aircraft.
- **IPC code F41G:** 3 patentes; weapon sights; aiming.
- **IPC code F41H:** 2 patentes; armour; armoured turrets; armoured or armed vehicles; means of attack or defence, e.g. camouflage, in general.
- **IPC code B60P:** 1 patente; vehicles adapted for load transportation or to transport, to carry, or to comprise special loads or objects.
- **IPC code B60R:** 1 patente; vehicles, vehicle fittings, or vehicle parts, not otherwise provided for.
- **IPC code B63C:** 1 patente; equipment forming part of, or attachable to, vessels, facilitating transport over land (harnesses attachable to vessels for personal carrying A45F; amphibious craft, land vehicles convertible for use on water B60F; land vehicles for carrying boats B60P).

Metodología aplicada para el desarrollo tecnológico

El conjunto de acciones a realizar en este proceso implicó la coordinación de personas y recursos, y la gestión de la participación de las partes interesadas, así como la integración y realización de las actividades detalladas en el cronograma. Las acciones a implementar fueron:

- a. Recopilar información primaria: Esta recopilación se hizo a través de visitas de campo y reuniones entre el equipo conformado por los ingenieros del comité interclúster y los técnicos del grupo de Armamento Aéreo del CACOM 5, que sirvieron de entrada para el desarrollo y la definición del diseño del equipo a fabricar.
- b. Elaboración de bocetos a mano alzada de las posibles soluciones de fabricación acorde a los requerimientos y las necesidades técnicas.
- c. Selección y aprobación del diseño a desarrollar y fabricar por parte del equipo técnico.

- d. Elaboración de planos de fabricación y ensamble del diseño aprobado en *software* de diseño (CAD).
- e. Elaboración del prototipo funcional. La fabricación del prototipo estuvo a cargo de compañías que hacen parte del aeroclúster y que poseen capacidades técnicas y tecnológicas para su fabricación. La asignación se hizo a través de la dirección técnica del equipo interclúster, con el fin de garantizar la calidad y las especificaciones definidas en los diseños.
- f. Realización de pruebas. Las pruebas de verificación, validación y funcionalidad del equipo desarrollado fueron realizadas por los técnicos del grupo de armamento aéreo del CACOM 5.

Proceso de Control y Monitoreo:

Esta fase consistió en rastrear, revisar y regular el proceso de desarrollo. Además, identificó las áreas donde se requirieron cambios de acuerdo con el cronograma inicial. Las acciones implementadas fueron:

- a. Reuniones periódicas del equipo de investigadores. Estas reuniones permitieron evidenciar y validar los avances a nivel técnico y administrativo, evaluando el cumplimiento del cronograma y el presupuesto de los desarrollos tecnológicos planteados.
- b. Elaboración de informes técnicos periódicos de avance. Estos informes permitieron cuantificar y ponderar los avances del desarrollo en la línea de tiempo que fue establecida.
- c. Evaluación de resultados con base en los indicadores propuestos.

Proceso de Cierre:

En esta fase, se realizarán acciones que aseguren que se hayan completado los procesos definidos para alcanzar los objetivos del desarrollo tecnológico. Las acciones a implementar son:

- a. Divulgación del resultado de investigación y desarrollo tecnológico aprendido. La divulgación se

realizará a través de artículo publicado en revista y charlas de socialización de resultados a partes interesadas.

- b. Transferencia de conocimiento. Se realizó a través de investigación y desarrollo colaborativo, en donde participaron funcionarios del GRUTE designados para el proceso e ingenieros asignados por el comité interclúster. La investigación y el desarrollo colaborativo se cristaliza a través de las reuniones o mesas técnicas programadas en el cronograma para aportar al desarrollo, seguimiento y control.
- c. Informe final. Este contiene una descripción del proceso y las evidencias correspondientes a cada etapa.
- d. Entrega final y oficial del desarrollo tecnológico.

Resultados

A continuación, se realiza una descripción del proceso de diseño y desarrollo del sistema táctico de almacenamiento tipo Shelter para equipo militar equipado con sistemas electromecánicos que tecnifican el uso, la manipulación y el monitoreo por parte del personal en tierra, incrementando con ello la eficiencia y la seguridad operacional.

Nota: El desarrollo descrito a continuación es propiedad intelectual de la relación interclúster CAESCOL/CLARE y que contó con el apoyo del “ESARM” Escuadrón de Armamento Aéreo – GRUTE-CACOM 5, quienes, teniendo en cuenta la relación institucional existente, pusieron una necesidad latente y la industria buscó resolverla.

Contexto general

El equipo Shelter fue desarrollado en el marco del primer proyecto interclúster de Colombia, en relación con el sector aeronáutico, el cual tenía como objeto principal la integración de capacidades técnicas y tecnológicas del aeroclúster de Antioquia/CAESCOL

y el clúster aeronáutico del Eje Cafetero/CLARE, a través del desarrollo de productos/servicios para la aviación civil y militar. Dicho proyecto fue cofinanciado con el programa Clúster Maspro del Ministerio de Comercio en 2022, que trabajó en tres líneas: encadenamiento productivo, desarrollo tecnológico y conexión oferta-demanda.

CAESCOL/Aeroclúster de Antioquia es una corporación sin ánimo de lucro fundada jurídicamente en 2015 por la FAC, empresarios y universidades, entre otras entidades de la región, con el propósito de aportar al desarrollo económico y social del departamento a través de la industria aeronáutica comercial y militar.

CLARE/Clúster aeronáutico del Eje Cafetero fue fundado en 2015 por empresarios y otras entidades de la región, bajo la institucionalidad de la Cámara de Comercio de Dosquebradas, para promover el desarrollo de la industria aeronáutica.

Dichos clústeres hacen parte, a su vez, de la Federación de la Industria Aeroespacial Colombiana (FEDIAC), entidad gremial nacional de la cual hacen parte seis clústeres aeronáuticos que representan a seis regiones del país. Es importante mencionarla, pues gracias a ella los clústeres han venido estableciendo relaciones de confianza para complementar y suplementar capacidades institucionales y tecnológicas, con el propósito de incrementar la competitividad del sector.

Recolección de información

Con el equipo técnico conformado por oficiales y suboficiales del Grupo Técnico de CACOM 5 de la FAC e ingenieros del grupo interclúster, se realizaron salidas de campo para recopilar información relacionada con el proceso de transporte, manipulación y almacenamiento de polvorines, procesamiento de medidas, validación de datos históricos relacionados a incidentes/accidentes, revisión de manuales, normas y diferentes perspectivas del equipo técnico de la FAC, ello con el fin de iniciar un proceso de ideación o concepto preliminar del diseño.



Figura 4. Recolección de información en campo
Fuente: elaboración propia.

Diseños preliminares

De acuerdo con la información suministrada y recopilada en las mesas de trabajo con el personal del grupo técnico de la FAC, los ingenieros del equipo interclúster procedieron a elaborar algunas alternativas o bocetos, como las que se muestran en la Figura 5, a fin de presentarlas a la mesa técnica y elegir un preliminar sobre el cual se comenzará a desarrollar concepto de detalle.

Proceso de diseño en detalle

Luego de elegir el concepto inicial que más se ajustó a la necesidad técnica y operacional de la FAC, se procede a realizar diseño con nivel de detalle, definiendo planimetría, materiales, procesos de manufactura y servicios especializados, entre otros aspectos que permitieran la realización del prototipo funcional según condiciones definidas por el comité técnico. Para ello,

el diseño se dividió en tres bloques: diseño estructural, diseño de instrumentación y diseño de potencia.

Diseño estructural

En este bloque, se contempló el detalle y la especificidad en lo relacionado con la estructura del Shelter, para lo cual se tuvieron en cuenta elementos como: cabida arquitectónica, distribución interna, espacio, sistema de almacenamiento, refuerzos estructurales, tornillería, perfilaría, rodamientos, anclajes, puertas de acceso, pivotantes, pintura. Además, se elaboró un informe detallando especificaciones en cuanto a materiales, procesos de manufactura, proveedores, y tratamientos térmicos y superficiales, entre otros aspectos. A continuación, hay una muestra general de los diseños a nivel estructural (ver figuras 6, 7 y 8).



Figura 6. Diseño estructural - Ensamble sistema almacenamiento
Fuente: elaboración propia.

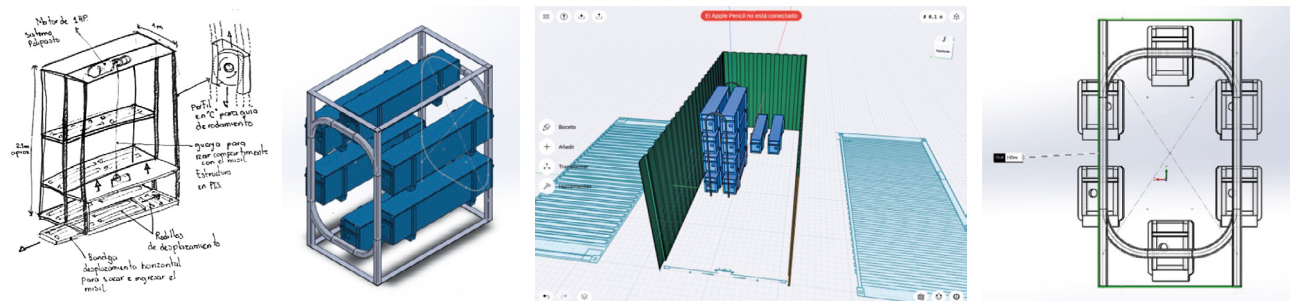


Figura 5. Diseño de bocetos
Fuente: elaboración propia.

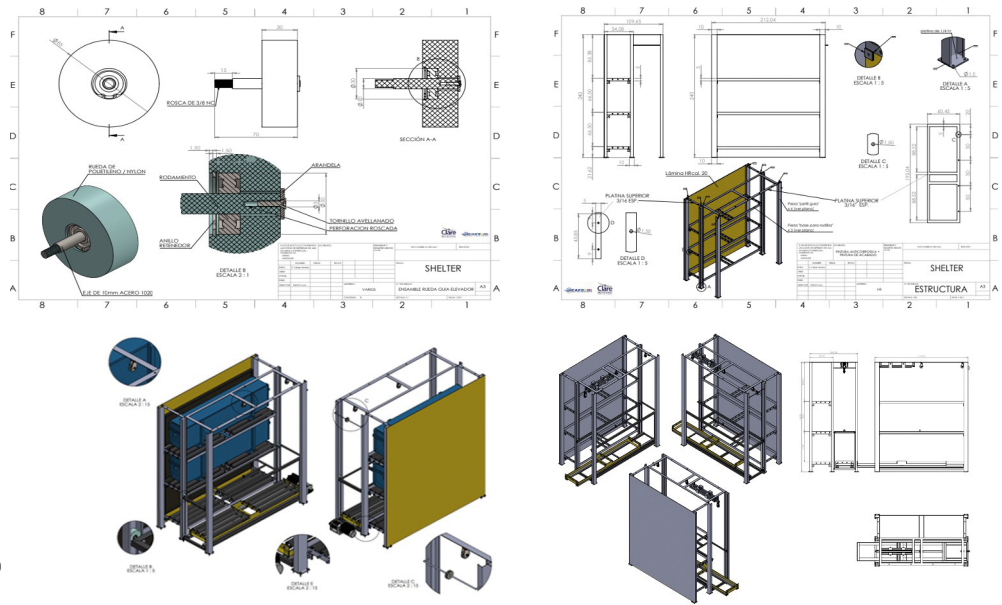


Figura 7. Diseño estructural -
Ensamble sistema almacenamiento
Fuente: elaboración propia.

Además, se diseñó interfaz web para manejo y control desde dispositivo fijo o móvil, con:

- Inicio de sesión por usuario y contraseña.
- Visualización de temperatura y humedad.
- Visualización de inventario.
- Visualización de coordenadas geográficas.

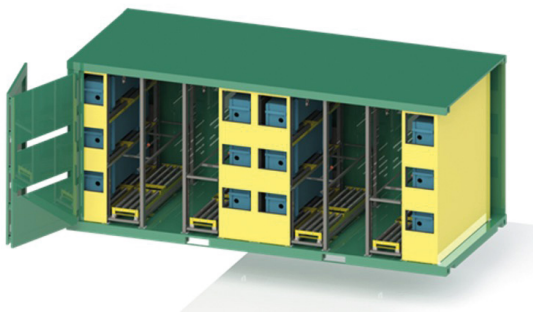


Figura 8. Diseño estructural - Render general Shelter
Fuente: Elaboración propia

Diseño del sistema de instrumentación y control

En el bloque de instrumentación y control, se desarrolló el detalle de elementos como los siguientes:

- Sistema de instrumentación para medición de temperatura y humedad interna y externa.
- Interfaz táctil para visualización de variables, control de acceso, iluminación e inventario, señales para iluminación y cerradura eléctrica.
- GPS, conexión red wifi y celular, y envío de datos trazables a través de correo electrónico.

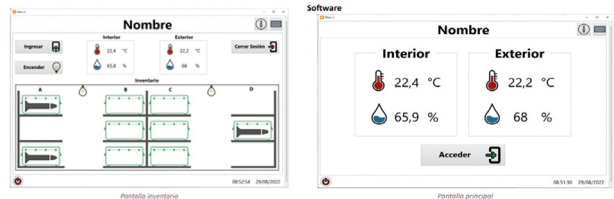
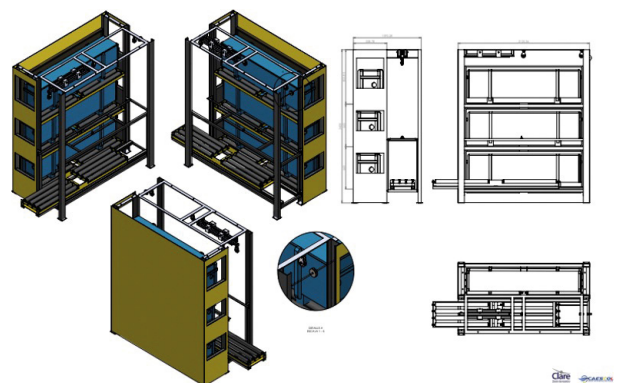
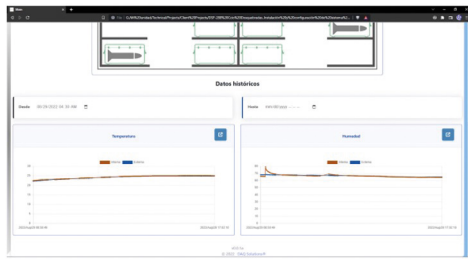
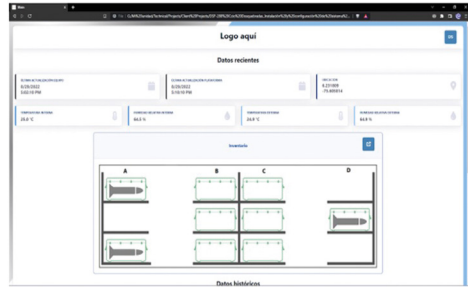


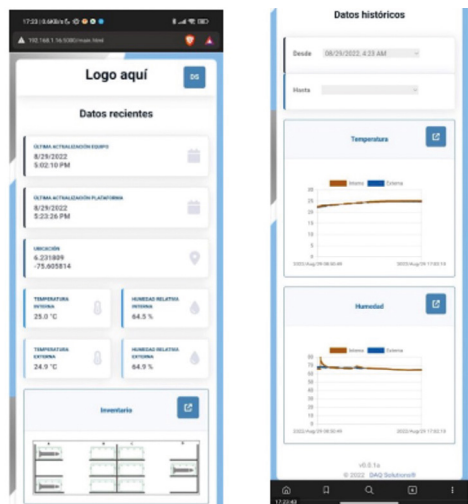
Figura 9. Interfaz táctil de acceso e información variables
Fuente: elaboración propia.



Visualización histórica de variables



Visualización de inventario y variables



Visualización en dispositivo móvil

Figura 10. Interfaz web desde dispositivo fijo o móvil

Fuente: elaboración propia.

Diseño sistema de potencia

Teniendo en cuenta todos los elementos del Shelter que requieren energía, se realizó el cálculo de la potencia necesaria para diseñar un diagrama eléctrico para el sistema de abastecimiento. Entre otros elementos se tuvieron en cuenta: aire acondicionado, deshumidificador, iluminación, cerraduras eléctricas, winches eléctricos, sensores y sistema de adquisición de datos.

Análisis del diseño

Antes de iniciar con procesos de fabricación, se realizaron análisis de cargas axiales laterales, fatiga, etc., a elementos críticos del sistema. En este caso, podemos ver en la figura 11 algunas validaciones realizadas al sistema de canastilla de los módulos de almacenamiento, ya que en dicho componente se alberga el peso de los equipos.

Las simulaciones se realizaron asignando una carga homogénea de 150 kg por canastilla, variable que contribuyó a determinar que los materiales y las características adicionales cumplieran con suficiencia los criterios requeridos para la función de soportar la carga de los equipos.

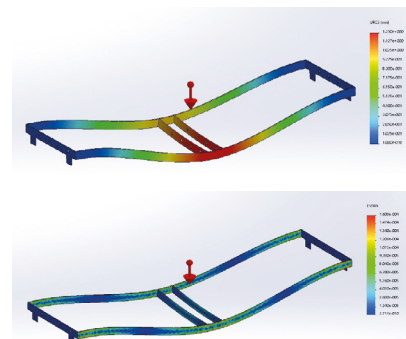


Figura 11. Análisis del sistema de canastilla

Fuente: elaboración propia.

Proceso de fabricación y ensamble

Posterior a los diseños de los tres sistemas y las respectivas validaciones, se procedió con el proceso de fabricación y ensamble, para lo cual se eligieron cuatro empresas teniendo en cuenta capacidad técnica, experiencia, cercanía a lugar de ensayo y precio.

Las empresas seleccionadas se sumaron al comité técnico para establecer un plan de actividades y realizar seguimiento al avance de estas. Algunos procesos de manufactura utilizados fueron: corte CNC, Doble CNC, mecanizados a través de torno y fresadora, tratamientos térmicos y superficiales, acabados, soldadura, ensamble de la estructura, ensamble de sistema de potencia, y ensamble de instrumentación y control.

Nota: Las empresas participantes establecieron equipo para que el sistema fuese puesto a punto en una de ellas, con el fin de validar su funcionamiento y hacer ajustes de ser necesario.

En las figuras 11, 12 y 13, se podrá visualizar parte del proceso de fabricación y ensamble del sistema de almacenamiento.



Figura 12. Proceso de fabricación y ensamble
Fuente: elaboración propia.

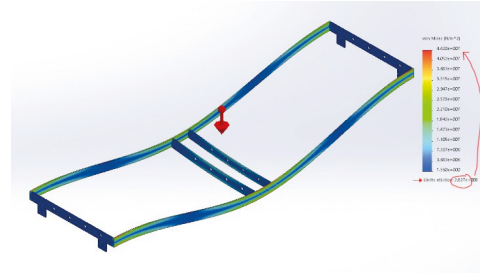


Figura 13. Ensamble sistema instrumentación y potencia
Fuente: elaboración propia.



Figura 14. Prototipo real ensamblado
Fuente: elaboración propia.

Validaciones en campo

Se realizaron validaciones en campo en relación con las variables de temperatura y humedad requeridas para el almacenamiento de los equipos, el funcionamiento del sistema eléctrico, potencia y de control, la adquisición de datos, el posicionamiento, etc.; y se demostró que el sistema diseñado conserva con suficiencia los rangos exigidos según el procedimiento de almacenamiento de este tipo de equipos.



Figura 15. Validaciones en campo
Fuente: elaboración propia.

Manuales de usuario y operación

Por último, se elaboró un manual de operación/usuario del Shelter, el cual, entre otros, contiene los siguientes elementos: sistema híbrido de potencia (baterías y planta diésel), manejo del sistema de adquisición de datos y accesos, manejo del aire acondicionado y equipo deshumidificador, sistema de almacenamiento, sistemas de elevación y *software* (ver figura 15).

Discusión

Nuestros hallazgos sugieren que los sistemas de almacenamiento y transporte de municiones deben ser customizable, esculpables o ajustados de acuerdo con el tipo de armamento, en función de factores como: tamaño, distribución interna, medio de transporte, ficha técnica, manuales, procedimientos y condiciones ambientales; todo con el fin de conservar las condiciones técnicas de los equipos en el tiempo, pero además conservar la seguridad de las personas que intervienen en el proceso.

Los hallazgos demostraron, a través de las pruebas de iniciales de campo, que el sistema Shelter desarrollado incrementa la eficiencia y la seguridad operacional, ya que conservamos las condiciones técnicas de la munición en función de factores ambientales, mecánicos y de control de acceso/manejo del

Manual de usuario Shelter

Contenido

Introducción	3
División de shelter y componentes principales	3
Ubicación de componentes en el cuarto de control	3
Generador de energía diésel	4
Conector de alimentación	4
Inversor	5
Banco de baterías	5
Caja de breakers	5
Sistema de monitoreo	6
Cerraduras eléctricas	6
Sistema de elevación y descenso	7
Iluminación de los cuartos del shelter	7
Elementos adicionales	7
Operación	8
Alimentar el sistema mediante el generador	8
Alimentar el sistema mediante la red eléctrica	9
Operar el sistema de elevación y descenso	10
Cambio de la entrada de energía del generador a red eléctrica	10
Cambio de la entrada de energía de red eléctrica al generador	10
Apagar el sistema de energía	10

Manual de usuario software Shelter

Contenido

I. Introducción	3
II. Guía de uso	3
Pantalla principal	3
A. Ver la información del software	3
B. Iniciar sesión	4
C. Encender y apagar luces desde el software	5
D. Ingresar al shelter	5
a. Modificar inventario	6
b. Ingresar para realizar otra actividad	8
E. Apagar el equipo	10
F. Visualizar datos mediante plataforma web	10

Figura 16. Contenidos manuales usuario Shelter
Fuente: elaboración propia.

sistema, y así mismo promovemos la seguridad operacional de los técnicos de armamento, debido a los sistemas electromecánicos implementados en el sistema Shelter, con lo que se disminuyen esfuerzos humanos excesivos que pueden derivar en enfermedades y riesgos laborales.

Uno de los principales hallazgos, tanto en la vigilancia tecnológica realizada como en la presentación de resultados del desarrollo tecnológico, explícitos en el presente artículo, demuestra que la industria colombiana posee capacidades tecnológicas para resolver necesidades puntuales en la aviación militar, con lo que produce entornos favorables para la apropiación y la transferencia de nuevo conocimiento, la generación de empleo y la independencia tecnológica del país.

De acuerdo con los resultados derivados de la vigilancia tecnológica y del desarrollo tecnológico, nuestros hallazgos señalaron que el complemento y suplemento de capacidades institucionales y tecnológicas, a través del equipo interclúster que fue conformado, es uno de los caminos para incrementar la competitividad de la industria aeronáutica en Colombia.

Conclusiones

Tras realizar las investigaciones mencionadas, se evidencia que existen empresas que comercializan sistemas de almacenamiento diseñados para municiones y explosivos, pero que no cumplen con las características técnicas requeridas específicamente por los misiles de la familia SPIKE.

En sí, uno de los aspectos más relevantes que se identifican en la revisión es que a nivel mundial se utilizan equipos especializados para el transporte, la manipulación y el almacenamiento de municiones que van a ser instalados en diferentes equipos. De igual forma, se destacan equipos diseñados específicamente para los diferentes tipos de munición. De ahí que este último aspecto sea una variable definida por el fabricante de la munición, quien emite un documento técnico y/o manual de utilización con equipo especializado.

Para el desarrollo de tecnologías que resuelvan necesidades en la industria militar por parte del sector productivo, es determinante la participación activa de oficiales y suboficiales de las Fuerzas Militares en el proceso de diseño y desarrollo. Es por ello que, en este caso puntual, se logra un prototipo funcional que está sujeto a mejoras según las necesidades de futuros clientes.

Para afinar y ajustar el manual de mantenimiento preventivo y correctivo del Shelter, es fundamental crear hoja de vida del equipo para realizar seguimiento a las fallas, al tiempo entre fallas y al tiempo entre reparaciones, ya que se desconoce (a la fecha de desarrollo del equipo) el comportamiento de piezas, componentes y subsistemas en relación con el uso y la exposición a factores ambientales.

Referencias

- Army Technology. (2011, marzo 3). *SIAG OMC. Military Shelters* [en línea]. <https://tinyurl.com/yr4hs63y>
- Clegg Industries Inc. (s. f.). *Job #385: EMI Shielded Military Shelter* [en línea]. <https://tinyurl.com/cdu2zn49>
- Comando General de las Fuerzas Militares de Colombia. (2015). *Plan Estratégico Militar 2030. Planeación estratégica y transformación* [en línea]. <https://tinyurl.com/4ndvzyny>
- Department of the Army of the United States. (1989). *Transportability Guidance: Redeye Air Defense Guided Missile System* [en línea]. <https://tinyurl.com/bdupdw5b>
- Ellis & Watts. (s. f.). *Vertically- & Horizontally-Expanding ISO-Type Shelters* [en línea]. <https://tinyurl.com/4sp9ffyk>
- Fuerza Aeroespacial Colombiana (FAC). (s. f.). *Planes Estratégicos Sector Defensa y Fuerza Aérea Colombiana* [en línea]. <https://tinyurl.com/3f4hnnpe>
- General Dynamics. (s. f.). *Land. One Step Ahead. Clearing a Path for Our Nation's Best* [en línea]. <https://tinyurl.com/4b937nc4>
- GWP Group. (2021). *Custom Packaging for Defence Suppliers* [en línea]. <https://tinyurl.com/2vc9fpz>
- Hashomer, A. (2020, junio 23). Por qué el misil SPIKE de Israel es la mejor arma antitanque de la historia. *Noticias de Israel* [en línea]. <https://tinyurl.com/3xhedy6x>
- Johnson, K. (2015, abril 24). *Troops Conduct Biannual 'Ammo Barge' Mission in Alaska*. U.S. Air Force [en línea]. <https://tinyurl.com/95pnum5k>

- Jun, L., Ling, M., Zhang, L., Lixin, Z. y Chunhui, W. (2014). A Concept for PHM System for Storage and Life Extension of Tactical Missile. *2014 Prognostics and System Health Management Conference-PHM* (pp. 689-694). Septiembre 18 de 2014, Zhangjiajie, China. <https://doi.org/10.1109/PHM.2014.6988261>
- KF Mobile Systems. (2019, marzo 15). Expandable Shelter For Military Applications. *Medium* [en línea]. <https://tinyurl.com/mryztmp6>
- KF Mobile Systems. (s. f.). *Home. About Us* [en línea]. <https://tinyurl.com/48repwte>
- Li, J.-H., Xie, J.-T., Li, X. y Hu, C.-G. (2019). A New Missile Health Monitoring System. *DESTECH Transactions on Computer Science and Engineering*. <https://doi.org/10.12783/dtcsc/icaic2019/29414>
- MDSC Systems. (2017, julio 13). *Side Expandable Containers* [en línea]. <https://tinyurl.com/34v4pnp8>
- Military Systems & Technology. (s. f.). *Expandable Shelters* [en línea]. <https://tinyurl.com/5n7fbrha>
- Military Systems & Technology. (s. f.). *Zeppelin Mobile Systeme GmbH* [en línea]. <https://tinyurl.com/2b7hkf3f>
- Mistral Inc. (s. f.). *Communication Shelter Systems. Rigid Wall Shelter Systems* [en línea]. <https://tinyurl.com/3s859sxz>
- Nordic Shelter. (s. f.). *About Us* [en línea]. <https://tinyurl.com/5fae3d5w>
- North Atlantic Treaty Organization (NATO). (2005). *Manual of NATO Safety Principles for the Transport of Military Ammunition and Explosives* [en línea]. <https://tinyurl.com/3xskdkwb>
- Pendem, P. K. y Talpa-Sai, S. (2018). Design and Structural (Buckling and Fracture Analysis) of Missile Container. *International Journal & Magazine of Engineering, Technology, Management and Research*, 5(1), 52-56. <https://tinyurl.com/58hhutp2>
- Precision Metal Industries. (s. f.). *Our Company. 100% Quality, 100% Delivery* [en línea]. <https://tinyurl.com/2wdyn268>
- Reserved Manual C6HXXX50A. (2015). *Which is the primary guide for packaging, handling, storage and transportation of air-to-ground missiles* (Rafael Advanced Defense Systems, 2015).
- Reserved Manual TM91XXXX46013&P. (2015). *For maintenance, care and general standard practices in rocket launch systems* (Rafael Advanced Defense Systems, 2015).
- Saumeth, E. (2018, abril 23). Colombia ya tiene listo su noveno helicóptero Arpia IV. *Infodefensa*. [en línea]. <https://tinyurl.com/4wjmr9xz>
- Siva-Krishna, K., Lalit-Narayan, K. y Venkateswara-Rao, K. (2012). Design Optimization And Structural Analysis of Missile Container. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, 2(1), 59-63. <https://tinyurl.com/3cuwyfey>
- Srinivasulu, M. y Mamilla, V. R. (2017). Study on Design of a Container with Composite Material. *American Journal of Mechanical and Industrial Engineering*, 2(2-3), 127-129. <http://dx.doi.org/10.11648/j.ajmie.20170203.12>
- Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI). (2021). *SIPRI Arms Transfers Database* [en línea]. <https://tinyurl.com/ct5t5d4k>
- Teng, K.-N., Han, J. y Zhang, G. (2018). Research on Missile Weapons Health Management and Storage Life Prediction Methods Based on PHM Technology. *Prognostics and System Health Management Conference*. <https://doi.org/10.1109/PHM-CHONGQING.2018.00177>
- United Nations. (2011). *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods. Model Regulations. Volume I* [en línea]. <https://tinyurl.com/ydrnpr42>
- Varley. (s. f.). *Defence & Aerospace Photo Gallery. Transport and Storage Solutions* [en línea]. <https://tinyurl.com/ynark3uc>
- Voss, M. (2010, junio 22). Ramstein Ammo Troops Move Bombs Making Room During TURBOCADS 2010. *Ramstein Air Base* [en línea]. <https://tinyurl.com/4j3n5nmr>
- Wang, G. (2016). The Transport Environment Risk Evaluation Research of Missile Container based on Grey Clustering. *AMSE Journals*, 53(2), 188-198 [en línea]. <https://tinyurl.com/mpfhm386>
- Wenzlau Engineering. (s. f.). *Expandable Shelters* [en línea]. <https://tinyurl.com/wy4edwys>
- World Intellectual Property Organization (WIPO). (2021). *Search International and National Patent Collections. Patent Scope* [en línea]. <https://tinyurl.com/muvfydx9>
- Zhang, Z.-X., Si, X.-S., Hu, C. y Kong, X. (2015). Degradation Modeling-Based Remaining Useful Life Estimation: A Review on Approaches for Systems With Heterogeneity. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part O: Journal of Risk and Reliability*, 229(4). <http://dx.doi.org/10.1177/1748006X15579322>