

Relevamiento de la investigación en materiales poliméricos de alto desempeño en el área de la defensa en Latinoamérica

Data gathering of the research on high performance polymeric materials in the defense area in Latin America

JAVIER C. QUAGLIANO, PABLO G. ROSS, JUAN H. ÁLVAREZ,
ENRIQUE L. BUONOMO

Facultad de Ingeniería del Ejército, Universidad de la Defensa Nacional, Argentina.
javier_quagliano@yahoo.com

En este trabajo se realizó un relevamiento de la investigación en materiales poliméricos usados en el área de Defensa en nuestro país y extendiéndose a Latinoamérica. La revisión se orientó a los desarrollos y aplicaciones de materiales poliméricos con alto desempeño, básicamente las poliaramidas, polietileno de ultra-alto peso molecular, fibras de carbono y compositos con resinas, cuyas propiedades de resistencia térmica y mecánica los hacen adecuados para aplicaciones en el área de Defensa. La recopilación no pretende ser exclusiva de todos los trabajos, sino de los más notorios provenientes del área académica sobre la base de los reportes encontrados en publicaciones y sitios de libre acceso. Sin embargo, sí pretende dar un primer panorama de la investigación de estos materiales de avanzada en cada país de la región. Esto es relevante, dado que su uso e investigación es indicativo del grado de desarrollo de las fuerzas de Defensa de cada país. El estudio se circunscribe a los reportes realizados en las últimas dos décadas.

Introducción

El uso de los materiales compuestos en la industria de Defensa se focaliza en aeroespacio, sistemas navales, vehículos terrestres, blindajes, armas y municiones, y refugios militares o estructuras para protección de personal o materiales. En particular, la aplicación concreta más conocida de polímeros de ingeniería o de materiales compuestos (también llamados “compositos”) es en las placas balísticas de protección. La protección balística, por ejemplo, es un campo de continuo avance, ya que se debe disponer de materiales cada vez más resistentes a tono con los desarrollos en municiones y balística. Otras aplicaciones son el uso de compositos en estructuras fijas o móviles, radomos y las palas del rotor de los helicópteros y partes del fuselaje de aeronaves. Los compuestos ligeros de alta resistencia reforzados con fibra están ganando protagonismo en esta área, así como también en la fabricación de aviones, lo que redundará en beneficios como aumento en la eficiencia del combustible, disminución de las emisiones y del uso de materiales. La necesidad del uso de materiales resistentes, livianos y de alto rendimiento en los programas de defensa es una de las fuerzas que impulsan la investigación y desarrollos en el área. Un objetivo de esta contribución es correlacionar los desarrollos de polímeros de ingeniería y materiales compuestos de alto desempeño en el área de Defensa con la envergadura general del sistema científico-técnico para la Defensa en cada país de la región bajo estudio. Por ese motivo, realizaremos el relevamiento estudiando los avances en cada país en particular.

Argentina

Las investigaciones en nuestro país se centralizan en los Institutos de investigación dependientes del Ministerio de Defensa y también en el sistema nacional de investigaciones

y las universidades. Se focalizan en dos áreas de investigación principales: el estudio de materiales para defensa de personal y estructuras contra proyectiles por un lado; y el desarrollo de materiales compuestos para el reemplazo de los tubos motor cohete, que son metálicos, y por lo tanto pesados. Dentro de las Universidades, la Facultad de Ingeniería del Ejército de la UNDEF (FIE) investiga en la primera área de aplicación. Serra y colaboradores (2018), realizaron una modelización de impacto de proyectil sobre la base de un material compuesto en base a alúmina u **óxido de aluminio** (Al_2O_3) como material principal, con un recubrimiento trasero de Kevlar 29. El objetivo fue realizar ensayos virtuales de paneles balísticos para observar el progreso de las fisuras y fractura de las losetas cerámicas, y así **poder optimizar el espacio y contacto entre ellas**. En la Universidad de Lomas de Zamora, un equipo de ingenieros y doctores en distintas especialidades se encuentran desarrollando un nuevo blindaje totalmente polimérico, conformado por materiales compuestos (Scala, 2016). La Universidad Nacional de Mar del Plata desde 2016 viene desarrollando investigaciones en conjunto con el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) y la Universidad de Buenos Aires (UBA), pero en la segunda área de investigación referida: el desarrollo de carcazas de motores de combustible sólido y sus protecciones térmicas, empleando materiales compuestos de matriz polimérica. Estos materiales, basados en fibras de carbono y resinas epoxi, son livianos y resistentes, y permitirían obtener una nueva generación de motores de cohetes de alta eficiencia. El proyecto consistió en un proceso de selección de los materiales compuestos a emplear, lo que permitió evaluar el comportamiento mecánico. Se optimizaron las variables de procesamiento para fabricar cilindros empleando la técnica de bobinado de filamentos (filament-winding). Una vez validado el proceso se determinó el espesor requerido para el prototipo final de la carcasa de motor, para finalmente fabricar un prototipo definitivo (Rodríguez, 2012; Soldani, 2020).

Por otro lado, el Ejército ha establecido los niveles RB4 y RB3 con los que deberán contar los chalecos modulares antibalas. Las exigencias del Ejército también mencionan placas RB3 (protección contra proyectiles calibre .44 MG y 9 mm de alta velocidad) y sus respectivos paneles antitrauma, siendo la tarea de estos últimos mitigar los efectos en caso de impacto. El equipamiento debe adecuarse a la Norma RENAR MA.01-A1, incluyendo placas cerámicas de protección balística que van montadas en sus respectivos bolsillos frontal y trasero (ANMaC, 2001). Al mismo tiempo, se están investigando las posibles alternativas para el reciclado de rezago de tela de Kevlar proveniente de los chalecos antibalas vencidos de las Fuerzas Armadas y de Seguridad. Este rezago se encuentra bajo la órbita del Ejército Argentino, y representa una gran cantidad de material que se fue acumulando para su disposición final. Fabricaciones Militares actúa como gestor de la factibilidad del reciclado. También el Ejército tiene un área de desarrollo en vehículos aéreos no tripulados (UAV) que, aunque en general no utilizan Kevlar en su estructura, sí tienen en su manufactura materiales compuestos (Serruya, 2013).

Respecto del desarrollo de materiales compuestos para el reemplazo de los tubos motor cohete, se realizaron avances en CITEDEF (Alivoni, 2013; Quagliano Amado, 2016). También se utilizan materiales compuestos para la fabricación de aeronaves, como el demostrador tecnológico IA-100 de la Fábrica Militar de Aviones de Córdoba (Cimino, 2018).

El Centro de Estudios de Prospectiva Tecnológica Militar “Grl Mosconi” (CEPTM) de la FIE releva continuamente los avances en general y de materiales compuestos en particular (CEPTM, 2020).

Brasil

En consonancia con el desarrollo económico relativo en la región, encontramos que los reportes más numerosos son los provenientes de este país. Es notable ver que las Fuerzas Armadas brasileñas, en particular el Ejército, colaboraron permanentemente con las Universidades en el estudio de avances en polímeros. El Ejército de Brasil creó en 2016 el llamado “Defense, Industry and Academy System (SisDIA)” con el objetivo de fomentar el desarrollo de parques tecnológicos de desarrollo. Un artículo de investigación contabilizó la presencia de 28 parques tecnológicos a lo largo del territorio del país (Da Silva & Quantl, 2019), la cual es una cifra muy elevada en comparación con los otros países latinoamericanos. En ese marco, relevamos algunos reportes, tratando de ser representativos de esa distribución de parques mencionada. En el Instituto Militar de Ingeniería de Río de Janeiro, ya se investigaba en materiales compuestos en la década del '70 (Chawla, 1974). Se investigó en materiales más económicos que el Kevlar para su uso en protección balística, ensayando materiales diversos, como compuestos de polisilicato con alúmina y fibras de basalto, junto con placas de polipropileno, placas de alúmina sinterizada y con polipropileno de peso molecular ultra alto (UHWM-PP); así como placas de Kevlar/epoxi, materiales convencionales de alto rendimiento. Los resultados mostraron que los materiales alternativos desarrollados en este trabajo son adecuados para la composición de escudos balísticos resistentes a proyectiles de alta velocidad de impacto (Sousa & Thaumaturgo, 2003). También en el Instituto Militar de Ingeniería de Río de Janeiro se investigó el uso de materiales hechos de lona de yute y resina epoxi, que demostraron un rendimiento similar al Kevlar antes del impacto de una munición de calibre 7.62 (Santos do Luz et al., 2015). Recientemente, Buffon y colaboradores (2019) analizaron el rendimiento balístico de muestras formadas por la superposición de láminas de Kevlar®, cosidas con hilo de nylon e impactadas por proyectiles de 9 mm con diferentes velocidades, motivados por la realización de los Juegos Olímpicos de 2016. Encontraron que el rendimiento

mejoró con el aumento del número de capas y que con diez capas se cumplió con los requisitos de protección NIJ Standard 0101. El trabajo incluyó un análisis detallado por microscopía de la fractura de las fibras. Dolce da Silva y colaboradores (2019) presentaron en la Primera Conferencia Mundial de Materiales Avanzados para la Defensa (realizada en Portugal en 2018) resultados sobre el desarrollo de paneles de protección balística en base a cerámica sobre una base de material compuesto en base a Kevlar.

En el complejo de San José de Campos, cerca de San Pablo, Silva y Rezende (2003) estudiaron materiales compuestos en base a Kevlar y fibra de vidrio para la industria aeronáutica, así como su protección contra la erosión en condiciones extremas de uso. La influencia de la exposición a agentes ambientales en el comportamiento mecánico y balístico de los compuestos hechos de fibra de polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE, por sus siglas en inglés) fue estudiada en una extensa tesis del Instituto del Ejército de Río de Janeiro (Vivas, 2013). La investigadora militar encontró que la radiación UV fue el agente que produjo los cambios más severos en las fibras macromoleculares de UHMWPE, a través de reacciones de reticulación y escisión de la cadena. Avances en la caracterización de nanocompuestos en base de UHMWPE para defensa balística fueron publicados en revistas científicas de alto impacto (Da Silva, 2018). En la delegación Formosa del Ejército (Comando Militar del Planalto) se ha utilizado Kevlar para paracaídas cruciformes radiales híbridos de Nylon/Kevlar para desacelerar y reorientar en posición vertical un misil que transporta submunición BLU108 (Diniz et al., 2011).

Además de los reportes directamente vinculados con el Ejército, también las Universidades siguen publicando las investigaciones en temas vinculados, alineados con las investigaciones esponsoradas por las Fuerzas Armadas. Lanfredi (2016) exploró el uso de compuestos producidos por moldeo de compuestos líquidos (técnica "LCM"). Dicha técnica

consiste en la impregnación de telas de fibra seca con una resina polimérica. Entre los procesos de LCM se encuentran la infusión y transferencia de resina por moldeado (RTM), que utilizan vacío y presión positiva, respectivamente. Al principio, a través del RTM, se produjeron placas con una fracción de fibra volumétrica baja, con el objetivo de estudiar la permeabilidad en el plano de refuerzo de aramida.

La investigación en tubos confeccionados con materiales compuestos para el reemplazo de tubos motor cohete metálicos está avanzada en Brasil (Vergueiro Loures da Costa, 2003; De Paula e Silva, 2018).

Colombia

Las investigaciones relevadas se refieren casi exclusivamente al estudio de materiales para defensa de personal y estructuras contra proyectiles, derivado de la lucha que existió por varios años con grupos internos en el país. Las investigaciones provienen básicamente de dos Universidades: la de Los Andes y la Nacional de Colombia. Se investigó el efecto de impregnar fluido dilatante sobre capas de Kevlar. Se prepararon paquetes balísticos de 22 capas de aramida, variando la cantidad de capas impregnadas por fluido dilatante. A lo largo de las pruebas se pudo evidenciar que el fluido dilatante por cizalla (*shear thickening fluid*, STF) ofreció una mejora ante fragmentos de punta cónica a bajas velocidades. Sin embargo, al continuar añadiendo capas impregnadas, se perdió flexibilidad del panel y las fibras se rompieron con mayor facilidad. Se halló que al impregnar paneles de aramida con STF, no ofreció mejora balística ante el impacto con proyectiles a velocidades de 400 m/s, pero sí ofrece mejoras significativas visibles en la protección contra impacto de puñal de ingeniería (Malagón, 2016). Los llamados *shear thickening fluid* (STF) son fluidos no Newtonianos que,

al ser expuestos a cualquier tipo de esfuerzo cortante, su viscosidad exhibe un gran aumento. También se incursionó en la investigación de las necesidades de equipos y materiales para la obtención de estos materiales.

Se determinó de manera experimental el efecto del material de soporte durante el desarrollo de pruebas de impacto con punzón contra paneles de Kevlar reforzados con STF. Se encontró que el material de soporte influye considerablemente en el desempeño de los paneles de Kevlar reforzados con STF en las pruebas de impacto con armas punzantes (Zambrano Vesga, 2016). Respecto de usos más convencionales, se ha reportado la utilización de Kevlar en la ropa protectora del personal involucrado en el proyecto Prometeo I de lanzamiento de un cohete a 3 km. de altura (Álvarez Rojas et al., 2015).

Joven Pineda (2008) señaló que en Colombia se considera al Kevlar un material restringido, por lo que su comercialización está centralizada por el fabricante Dupont, quien vende el material a telares y textiles autorizadas, de las cuales la más reconocida es Tejidos Industriales. En 2007, la tela de Kevlar estaba valuada en 28 dólares el m². En su tesis fabricó paneles por prensado, modelando incluso por la técnica de elementos finitos la carga que soporta un panel compuesto de 4 láminas. Todos estos numerosos reportes indican que la investigación en Colombia está avanzada, particularmente en las Universidades. Se ha reportado que a fines de la década de 2000, la mayor parte de los usos de Kevlar estaban destinados al blindaje de vehículos (Baquero Ramirez, 2008; Nieto, 2015).

México

Las investigaciones no están en general orientadas a desarrollos aplicados a la Defensa Nacional, y los reportes son menores en número a los de los otros países relevados.

El Instituto de Yucatán analizó el efecto que una matriz de polipropileno (PP) genera en un tejido de aramida para aplicaciones balísticas. Los parámetros estudiados fueron el límite balístico (V50), el cambio del V50 ante envejecimiento acelerado, el cambio de la absorción de energía con respecto al número de capas en arreglos aramida/PP consolidados e independientes, el cambio de la absorción de la energía de impacto ante velocidades superiores al V50 y el efecto de la profundidad del trauma en arreglos aramida/PP consolidados, independientes y sin matriz polimérica. Los resultados mostraron una excelente resistencia balística del material compuesto aramida/PP ante ambientes degradativos de humedad y temperatura, un incremento en la absorción de energía en arreglos aramida/PP independientes y una profundidad del trauma menor en arreglos con matriz polimérica en comparación a arreglos sin matriz (Carrillo y Gamboa, 2011).

Bottero-Jaramillo y colaboradores de la Universidad Nacional Autónoma de México (2013) desarrollaron un reemplazo del metal en base a Kevlar y madera para la construcción de pequeñas estructuras vibratorias, reduciendo en una disminución de 70% en el peso para iguales prestaciones. Existen por otro lado reportes sobre la clasificación de materiales y armas de fuego, vinculadas a Defensa (Castañeda Ramírez, 2017). Otros estudios se amplían a utilizar fibras naturales: se desarrolló un material compuesto reforzado con fibras de bambú con una matriz polimérica para aplicaciones aeronáuticas (Lucena et al., 2009).

Otros países

En Ecuador se realizó un estudio de factibilidad para la implementación de una microempresa dedicada a la fabricación y comercialización de chalecos antibalas (Casigña

y Rafael, 2019). El Ejército de Chile renovó sus cascos antibalas en base al uso de Kevlar (Sandoval, 2017). Bolivia recibió una donación desde China 25 equipos completos personales para defensa, incluyendo cascos de Kevlar en 2006 (Ellis, 2011). Sobre los otros países, no se encontraron reportes en la bibliografía electrónica, lo cual sin embargo no excluye que no existan desarrollos no dados a conocer.

Discusión y conclusiones

El relevamiento de los desarrollos científicos y técnicos en materiales poliméricos para Defensa en América Latina nos permitió tener una aproximación al grado de avance de la industria para la Defensa en cada país de la región. Del relevamiento realizado, se percibió que Brasil, Argentina y Colombia lideran los avances en la región, en base a la cantidad de reportes encontrados, aunque existen estudios en casi todos los países de la región. En un estudio general, Espitia Cubillos y colaboradores (2020) categorizaron la información sobre avances en defensa en 18 áreas con el fin de identificar tendencias. Las categorías de vehículos, armas y defensa fueron las más reportadas, seguidas por las de aeronaves, comunicación, entrenamiento y logística; en otras áreas como robots, sensores y ciberseguridad se pronostica crecimiento. Esto nos sugiere que el uso de plásticos y materiales compuestos de avanzada es y será un área de futuro avance, ya que estos materiales son utilizados en estas categorías mencionadas (excepto sensores y ciberseguridad). En particular, un pronóstico espera que el mercado de materiales compuestos en la industria de defensa alcance un estimado de \$ 678 millones para 2024, pronosticando que crecerá a una tasa compuesta anual de 1,7% entre 2019 y 2024 [1]. Por lo tanto, se justifica destinar recursos de todo tipo para el desarrollo de estos materiales y sus aplicaciones para la Defensa en América Latina y en nuestro país en

particular. A modo de ejemplo, la Argentina tiene el 11,2% de las reservas de boro (Pavel & Tzimas, 2016). El boro es un elemento que se utiliza para fabricar fibras de alta resistencia mecánica y térmica. Es un elemento estratégico que se utiliza en materiales compuestos para aeroespacio. Este dato es un solo caso emblemático que justifica la necesidad de desarrollar estas investigaciones en nuestro país, para poder reducir la dependencia tecnológica de los países desarrollados y aprovechar los recursos naturales propios para el desarrollo.

Agradecimientos

Al Gral. Ing. Eduardo Serafín, Director de la Carrera de Ingeniería Química de la FIE, por gestionar, facilitar y promover las investigaciones en el tema de fibras de Kevlar y su reciclado.

Referencias bibliográficas

ALINOVI, M. (2013). “Propulsión. Volando al Futuro. ‘Tec2’ *Revista del Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa* (CITIDEF): p. 78.

ÁLVAREZ ROJAS, N.; HUÉRFANO ROMERO, J. L. & OJEDA RAMÍREZ, O. (2015). “Diseño e implementación de misión para el lanzamiento de un cohete para tres kilómetros de

- altura”. VIII Congreso Argentino de Tecnología Espacial. Mayo. Buenos Aires, Argentina.
- ANMaC (2001). Materiales de resistencia balística para blindajes. Norma Renar MA.02. Agencia Nacional de Materiales Controlados.
- BAQUERO RAMÍREZ, J. F. (2008). *Diseño y fabricación de bolsa de vacío en autoclave para el curado de compuestos de Kevlar*. Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Colombia.
- BOTERO-JARAMILLO, E.; ROMO-ORGANISTA, M.; MÉNDEZ-URQUIDEZ BOGART, C. & GONZÁLEZ-BLACION, C. (2013). “Desarrollo de un material compuesto ultraligero para construir la plataforma de una mesa vibradora” *Ing. Invest. y Tecnol* 14 (4): págs. 595-611.
- BUFFON JR, S.; BORGES, P.; AZEVEDO, E. & SOUSA LIMA, E. (2019) “Influência do número de camadas de tecido no desempenho balístico de alvos de Kevlar® XP S103” *Revista Militar de Ciencia y Tecnología* 36 (1): págs. 51-62.
- CARRILLO, J. G. & GAMBOA, F.A. (2011). “Efecto de una matriz termoplástica en la absorción de energía a impacto de un textil de aramida”. CIM 2011: VI Congreso Internacional del Materiales. 27-30 Noviembre, Bogotá D.C., Colombia.
- CASIGÑA, T. & RAFAEL, E. (2019). Estudio de factibilidad para la implementación de una microempresa dedicada a la fabricación y comercialización de chalecos antibalas ubicada en el sector norte del Distrito Metropolitano de Quito, Instituto Tecnológico Superior Cordillera, Ecuador. (Trabajo de titulación). Disponible en : <http://www.dspace.cordillera.edu.ec:8080/xmlui/handle/123456789/4907>
- CENTRO DE ESTUDIOS DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA MILITAR “GRAL. MOSCONI” (CEPTM). Materiales de propiedades extraordinarias para chalecos de protección

balística. Disponible en: <http://www.ceptm.iue.edu.ar/index.php/category/ingenieriaquimica/#>

CHAWLA, K. (1974). “On the Applicability of the “Rule-of-Mixtures” to the Strength Properties of Metal-Matrix Composites” *Revista Brasileira de Física* 4 (3): págs. 411-418.

CIMINO, M. (2018). “El demostrador tecnológico FadeA IA-100. Sus objetivos y ganancias”. Recuperado de: <http://www.fullaviacion.com.ar/2018/06/05/el-demostrador-tecnologico-fadea-ia-100-sus-objetivos-y-ganancias/>.

Composites in the Defense Industry Report: Trends, Forecast and Competitive Analysis. Disponible en: <https://www.lucintel.com/composites-in-defense-industry.aspx>.

DA SILVA, M. G. & QUANDT, C. O. (2019). “Defense System, Industry and Academy: The Conceptual Model of Innovation of the Brazilian Army” *J. Technol. Manag. Innov.* 14 (1): págs. 53-62.

DE PAULA E SILVA, H. (2018). “Avaliação dos efeitos da atmosfera na ablação de compósitos carbono-fenólica bobinados”. Tesis de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Estatal de Campinas, San Pablo, Brasil.

DIAS, R. R.; LAVORATTI, A.; PIAZZA, D.; DA SILVA, C. R.; ZATTERA, A.; LAGO, R. M.; DE OLIVEIRA, P. & PEREIRA, M. (2018). “Effect of molecular structures on static and dynamic compression properties of clay and amphiphilic clay/carbon nanofibers used as fillers in UHMWPE/composites for high-energy-impact loading” *J. Applied Polymer Science*. Págs. 1-14.

DINIZ, R.; FERRARI, D. M.; FRECH, R. M.; JYMMYS, D. & MOTA DA SILVA, C. (2011). “Munições guiadas: a sua utilização no combate moderno e a necessidade de atualização do foguete ss-30”. Reporte del Ejército Brasileño, Ministerio

de Defensa, Formosa, Brasil.

DOLCE DA SILVA, J. S.; JULIANA MACHADO DA MOTA, J. M., BURAKOWSKI, L.; MATIAS LOPEZ, J. M. & MUNHOLZ RODRIGUES, R. (2018). “Development of a New Technology to Manufacture an Additional Ballistic Protection Panels (Addon) for an Armored Personnel Carrier”, en FANGUEIRO, R. & RANA, S. *Advanced Materials for Defense. Developments, Analysis and Applications*. Springer Nature Switzerland.

ELLIS, R. (2011). *China-Latin America Military Engagement: Good Will, Good Business, and Strategic Position*. Estados Unidos: Strategic Study Institute.

ESPITIA CUBILLOS, A.; AGUDELO CALDERÓN, J. & BUITRAGO SUESCÚN, O. (2020). “Innovaciones tecnológicas en las fuerzas militares de los países del mundo: una revisión preliminar” *Revista Científica General José María Córdova* 18(29): págs. 213-235. <https://doi.org/10.21830/19006586.537>

JOVEN PINEDA, R. V. (2008). “Manufactura de paneles de Kevlar a partir de procesos de termocurado”. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes, Colombia.

LANFREDI, P. H. (2016). “Estudo da fabricação de compósitos poliméricos reforçados por fibras utilizando diferentes tipos de tecido de Kevlar visando o desenvolvimento de proteção balística veicular”. Salão UFRGS 2016: SIC - XXVIII Salão de iniciação científica da UFRGS (Universidad Federal de Rio Grande do Sul).

LEITE, N. P. O. & LOPES, C. M. A. (2018). “Ballistic Impact Analysis Using Image Processing Techniques”, en LATIFI, S. (eds). *Information Technology-New Generations. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 558. Springer.

LUCENA, M. P.; SUAREZ, A. & IVONNE ZAMUDIO, I. (2009).

- “Desarrollo de un material compuesto a base de fibras de bambú para aplicaciones aeronáuticas” *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales* 1 (3): págs. 1107-1114.
- MALAGÓN, J. (2016). Comportamiento mecánico de paneles fabricados con Kevlar y STF frente a impacto de fragmentos modificados. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/15722/u754169.pdf?sequence=1>
- MORENO VERHAGEN, A. (2013). “Análisis de manufactura, selección de equipos y diseño conceptual de la línea de producción para chalecos antibalas con nanotecnología STF”. Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Colombia.
- NIETO, J. A. (2015). “Importancia en el uso de los vehículos blindados para la protección de personas en Colombia”. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10654/13720>.
- NOÉ CASTAÑEDA RAMÍREZ, J. (2017). "Importancia en el uso de armas de fuego en la legislación mexicana" *Revista Skopein* 5 (16).
- QUAGLIANO AMADO, J. C. (2016). Manufacture and testing of lightweight tubes for rocketry and centrifuges. *Lightweight Composite Structures in Transport*, 421-437.
- RODRÍGUEZ, E. (2012). "Desarrollo de materiales compuestos avanzados basados en fibras de carbono para la industria aeroespacial". *Anales de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Buenos Aires*.
- SANDOVAL, R (2017). “La Infantería de Chile renueva sus cascos balísticos”. Disponible en: <https://www.defensa.com/chile/infanteria-marina-chile-renueva-cascos-balisticos>.
- SANTOS DA LUZ, F.; PEREIRA LIMA JUNIOR, E.; LEME LOURO, L. & NEVES MONTEIRO, S. (2015). “Ballistic Test

of Multilayered Armor with Intermediate Epoxy Composite Reinforced with Jute Fabric” *Materials Research* 18 (2).

SCALA, C. (2016). “Blindaje Liviano Opaco Compuesto (BLOC)” *Revista INGENIUM* 2 (4): págs. 22-29.

SERRA, N.; VILAR, P & HEIDENREICH, E. (2018). “Cálculo y simulación de un blindaje multicapa en base a cerámica”. VI Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica, 12 al 16 de Octubre, Tucumán, Argentina.

SERRUYA, A. (2013). “Desarrollo de los UAVs en la Argentina” *Revista de la Escuela Superior de Guerra de la Fuerza Aérea Argentina* (228): págs. 12-24.

SILVA, R. & REZENDE, M. (2003). “Erosão em Compósitos à Base de Fibras de Vidro/Kevlar e Resina Epóxi de uso Aeronáutico” *Polímeros: Ciência e Tecnologia* 13 (1): págs. 79-86,

SOLDANI, J. (2020). “Desarrollo de carcasas de material compuesto para cohetes de combustible sólido”. Trabajos finales de grado de la carrera de Ingeniería en Materiales, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata. Disponible en: <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/413>.

SOUSA, A. N. & THAUMATURGO, C. (2003). “Fibre reinforcement and fracture response in geopolymeric mortars” *Fatigue Fracture of Engineering Materials and Structures* 26 (2): págs. 167-172.

VERGUEIRO LOURES DA COSTA, L. E. (2003). “The Composite Option for Solid Rocket Motor Cases in Brazil”. 54th International Astronautical Congress of the International Astronautical Federation, the International Academy of Astronautics, and the International Institute of Space Law.

VIVAS, V. (2013). “Influência da degradação ambiental no comportamento mecânico e balístico de compósitos

produzidos com fibra de polietileno de ultra alto peso molecular”. Instituto Militar de Engenharia, Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha, Rio de Janeiro.

ZAMBRANO VESGA, J. A. (2016). “Efecto del material de soporte sobre la penetración en el punzonado en paneles de kevlar-stf”. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Mecánica, Bogotá, Colombia.

Palabras clave: América Latina – Defensa – Compositos – Polímeros.

Keywords: Latin America – Defense – Composites – Polymers.

Abstract

In this paper, a survey of the research in polymeric materials used in the Defense area in our country and extending to Latin America was carried out. The review focused on the development and applications of high-performance polymeric materials, basically polyaramides, ultra-high molecular weight polyethylene, carbon fibers and resin composites, whose thermal and mechanical resistance properties make them suitable for applications in the Defense area. The compilation is not intended to be exclusive to all publications, but to the most notorious from the academic area based on the reports found in publications and open access sites. However, it aims at the same time to give a first overview of the research of these advanced materials in each country of the region. This is relevant, given that this is indicative of the degree of development of the Defense forces technologies of each country. The study is limited to reports made in the last two decades.