



LOW ENERGY IMPACT CHARACTERIZATION OF BIOCOMPOSITES. INFLUENCE OF SEA WATER IMMERSION.

CARACTERIZACIÓN A IMPACTO BIAxIAL DE BAJA ENERGÍA DE BÍOCOMPOSITES. INFLUENCIA DE LA INMERSIÓN EN AGUA DE MAR

F.R.Valencia, A. Lopez-Arraiza, I. Sotes, Dpto. Ciencias y Técnicas de la Navegación, Máquinas y Construcciones Navales, Grupo de investigación KAINAVAL, Universidad del País Vasco (UPV/EHU), España.

B. Ramón, Dpto. Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial, Universidad de Pamplona, Colombia.

J. Aurrekoetxea, M. Sarrionandia, Departamento de Mecánica y Producción Industrial, Universidad de Mondragón (MGEP), España.

Abstract: In this work, the low energy impact damage of flax and jute fibre reinforced bioresin (SuperSap®) biocomposites was studied. Both jute and flax fibre reinforcements were supplied as a balanced 0/90 plain weave fabric of 300 g/m² in weight and the biocomposites were manufactured by infusion process. The impact damage study was performed in two steps: in the first one, the samples were subjected to specific load impact and after immersing in sea water, a second impact was conducted. The results show higher energy dissipation by the flax reinforced specimens. This effect can be explained by a plastification process due to water absorption.

Resumen: En el presente trabajo se ha realizado un estudio del daño progresivo a impacto de dos biocomposites fabricados mediante el proceso de infusión de resina de origen renovable (SuperSap®) reforzada con dos fibras naturales bidireccionales: lino y yute, ambas con un gramaje de 300 g/m². El estudio se realizó en dos etapas sucesivas: en la primera se sometió a ambos materiales a impacto controlado y en la segunda, tras inmersión en agua de mar, se realizó un segundo test de impacto. Los resultados han puesto de manifiesto una mayor capacidad de disipación de energía en el biocomposite reforzado con lino que se atribuye a un proceso de plastificación por efecto de la inmersión de agua de mar. Por el contrario, el biocomposite de yute presenta menor tolerancia al daño en condiciones de absorción de humedad.

Keywords: biocomposite, jute, flax, impact resistance

Palabras Claves: Biocomposite, yute, lino, resistencia a impacto



1. INTRODUCCIÓN

Durante las cuatro últimas décadas los materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras (FRP) se han convertido en materiales fundamentales para la fabricación de estructuras navales de alto rendimiento, debido a las múltiples ventajas mecánicas (relación resistencia/peso) y económicas, tales como ahorro de combustible y mayor vida útil debido a su elevada resistencia a la corrosión [1,6].

Durante muchos años estos materiales compuestos se utilizaron sólo en algunas estructuras no esenciales de buques y pequeñas embarcaciones. Sin embargo, la evolución y mejora tanto de las matrices y sus refuerzos, como de las técnicas de fabricación, han logrado que los FRP se utilicen en elementos marinos estructurales tales como mástiles, plataformas, cascos, ejes de transmisión o hélices [2,7,10]. Entre los principales requerimientos estructurales de dichos elementos, se encuentra el impacto con objetos flotantes (troncos, boyas...) y el contacto con el agua marina, los cuales debilitan la matriz y reducen las sollicitaciones mecánicas [3,8].

A pesar de las evidentes ventajas de estos materiales compuestos, la dependencia del petróleo y su baja reciclabilidad tras su fin de vida, representan una amenaza medioambiental al contaminar los ecosistemas marinos y producir alteraciones en la cadena alimentaria de organismos, con posibles consecuencias para la salud humana [4,9]. En los últimos años, la comunidad científica está realizando un esfuerzo importante para la sustitución de las resinas y fibras sintéticas por otras de origen natural medioambientalmente más sostenibles [5].

En el presente trabajo, se han fabricado mediante el proceso de infusión, nuevos biocomposites de matriz y refuerzos naturales (lino y yute). Dichos biocomposites se someten a ensayos instrumentados de caída de dardo y se estudia su tolerancia al daño en condiciones de inmersión en agua de mar.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales utilizados y obtención del biocomposite.

La resina utilizada como matriz ha sido la SuperSap®, resina epoxídica procedente de materiales renovables y suministrada por Entropy Resins. El porcentaje de resina/catalizador fue de 100:33 en peso. Como refuerzos se utilizaron fibras naturales bidireccionales (0°/90°) de lino y yute ambas con un gramaje de 300 g/m². Los laminados se obtuvieron mediante el proceso de infusión con 5 capas de fibra natural como refuerzo.

2.2 Ensayo de impacto biaxial.

Para los ensayos de impacto biaxial se utilizaron probetas cuadradas de 70 mm de lado. El equipo utilizado ha sido una máquina de caída de dardo instrumentado comercial (Fractovis Plus) con una célula de carga de 20 kN y un indentador de cabeza semiesférica de 20 mm de diámetro. Las probetas se empotran en un utillaje de base cilíndrica en el que el agujero interior tiene un diámetro de 40 mm.

Los ensayos se han realizado colocando la probeta simplemente apoyada sobre el utillaje. En una primera etapa, las probetas se sometieron a diferentes valores de energías de impacto comprendidos en el rango de $E_0 = 0 \div 15$ J. Posteriormente, la mitad de las probetas ensayadas se sumergen en agua de mar durante 8 días a 15 °C y con recirculación en circuito cerrado. Finalmente, se ensayan todas las probetas con una energía de impacto de 20 J, con el objetivo de estudiar cómo influye la absorción del agua marina en las propiedades residuales de los dos biocomposites en función del nivel de daño generado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las probetas se sumergieron en agua de mar sin aislar los cantos ni cara posterior del laminado para acelerar la absorción de



humedad. Las probetas de lino sumergidas presentaron un incremento en peso de 2,13% y las de yute de 3,18%. En la tabla 1 se pueden observar los valores de fuerza de pico y de energía de disipación para las probetas de lino secas y sumergidas, para distintas energías de daño.

Tabla 1. Valores pico de fuerza y energía en función de la energía de daño para el biocomposite reforzado con fibra de lino.

Energía daño [J]	Fuerza pico seco [N]	Fuerza pico húmedo [N]	Energía disipación seco [J]	Energía disipación húmedo [J]
0	2820,31	2954,39	19,46	19,02
5	2926,16	2907,34	15,93	18,81
10	2519,23	2495,70	15,25	16,29
12,5	1919,41	1891,34	10,73	12,45
15	1448,96	1296,07	4,741	8,05

Con el aumento del nivel de daño disminuye la fuerza pico para ambos casos (seco y húmedo) a excepción del valor inicial o de referencia que se explicará más adelante. La fuerza máxima residual del material húmedo disminuye al aumentar el nivel de daño con relación al biocomposite seco. Lo que significa que el material sumergido pierde resistencia frente al seco. La energía de disipación también disminuye a medida que aumenta el nivel de daño para los ensayos en seco y en húmedo. Sin embargo se observa que las probetas sumergidas tienen mayor capacidad de disipar energía, hecho que se puede atribuir a la plastificación del biocomposite.

En la figura 3 se representan las curvas de fuerza y energía correspondientes a las probetas reforzadas con lino y sometidas a impacto $E_0 = 20\text{J}$ sin daño inicial. Se observa que las fuerzas para las probetas seca y húmeda experimentan un comportamiento similar hasta el umbral de delaminación, es decir, hasta $F_d = 1795\text{ N}$, momento en el que rompen las primeras capas del biocomposite. Una vez alcanzado el máximo hay una caída

brusca de la carga hasta la zona de reposo que es más prolongada en el biocomposite húmedo, lo que se atribuye al incremento de la cantidad de daño producido al laminado y que se traduce en un aumento del tiempo de contacto.

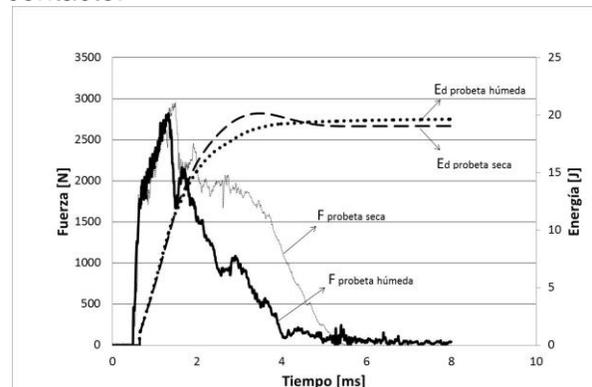


Fig. 3 curvas de fuerza y energía correspondiente a las probetas reforzadas con lino y sometidas a $E_0 = 20\text{J}$ en seco y tras inmersión en agua de mar.

En cuanto a las energías, se puede observar en la figura 3 que la probeta húmeda se mantiene en la zona de penetración, lo cual nos dice que aún le queda energía residual como puede observarse también en las fotografías de la figura 4b. Este hecho corrobora el fenómeno de plastificación inducido por la absorción de agua de mar. En el caso de la probeta seca hay una perforación completa (figura 4a) lo cual indica la imposibilidad de disipar más energía.

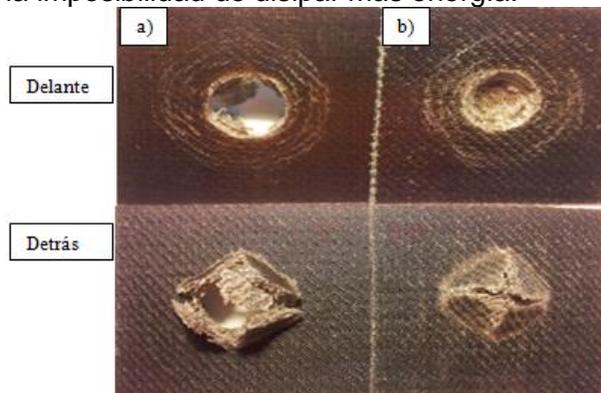


Fig. 4. Ensayos de referencia realizados con $E_0 = 20\text{ J}$ (a) probeta seca y (b) probeta



húmeda.

En la tabla 2 se pueden observar los valores de fuerza de pico y de energía de disipación para las probetas de yute secas y sumergidas, para distintas energías de daño. En este caso la relación de la fuerza residual en función del nivel de daño aumenta en los ensayos realizados en las probetas sumergidas en agua de mar en un 4,43 %. Lo que sugiere que el material húmedo tiene mayor rigidez que el seco.

Tabla 2. Valores pico de fuerza y energía en función de la energía de daño para el material reforzado con fibras de yute.

Energía daño [J]	Fuerza pico seco [N]	Fuerza pico húmedo [N]	Energía residual seco [J]	Energía residual húmedo [J]
0	1879,42	1782,89	14,99	7,81
3	1655,96	1792,39	14,89	10,74
4,5	1437,20	1582,30	8,45	7,94
6	940,88	1030,27	8,19	7,26

En cuanto a las energías, también se confirma la mayor resistencia del biocomposite sumergido debido a que la energía residual es menor como se observa en las curvas de la figura 5. Comparando las fotografías 5a y 5b se ve un comportamiento más frágil en la probeta sumergida con un mayor desprendimiento de material. La probeta seca por el contrario muestra una menor superficie de penetración y una propagación del daño en forma de delaminación concéntrica.

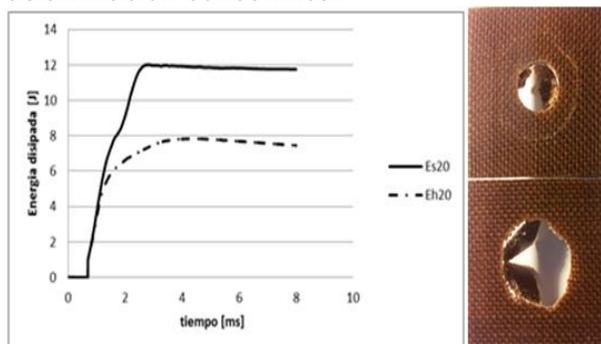


Fig. 5 curva E-t para material húmedo y seco con $E_0=20$ J (a) probeta seca y (b)

probeta húmeda.

5. CONCLUSIONES

Se fabricaron dos biocomposites de resina de origen natural reforzados con dos fibras naturales bidireccionales, lino y yute, y se caracterizaron a impacto biaxial. El objetivo consistía en estudiar el efecto que produce el agua de mar para distintos niveles de daño del material. Las conclusiones que se han obtenido son las siguientes:

- El biocomposite reforzado con lino absorbe menos humedad que el reforzado con yute.
- Se observa una mayor disipación de energía en el biocomposite de lino sumergido que se atribuye a una plastificación del material.
- El yute por el contrario presenta una mayor resistencia con la absorción de humedad, observando una rotura más frágil.
- El biocomposite reforzado con lino parece más indicado para aplicaciones náuticas debido a su menor absorción de humedad y mayor tolerancia al daño.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Estación Marina de Biología y Biotecnología Experimentales de Plentzia (Plentziako Itsas-Estazioa – PIE) por la disposición de sus instalaciones para la realización del presente trabajo.

Referencias Bibliográficas

1. CAMERON, R. (2005). Composites: long-term viability and benefits. *Reinforced Plastic*, 49, pp. 36-42.
2. MOURITZ, A.P. GELLERT, E. BURCHILL, P. CHALLIS, K. (2001) Review of advance composite structures for naval ships and submarines. *Composite Structures*, 53, pp.



21-4.

3. GELLERT, E. TURLEY, D.M. (1999) Seawater immersion ageing of glass-fiber reinforced polymer laminates for marine applications. *Composites part A: Applied Science and Manufacturing*, 30, pp, 1259-1265.
4. GALIMANY, E. RAMÓN, M. DELGADO, M. (2009). First evidence of fiberglass ingestion by a marine invertebrate (*Mytilus galloprovincialis* L.) in a N.W. Mediterranean estuary, *Marine Pollution Bulletin*, 58, pp, 1334-1338.
5. OLUSEGUN, D.S. STEPHEN, A. TIMOTHY, A.A. (2012) Assessing Mechanical Properties of Natural Fibre Reinforced Composites for Engineering Applications. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 11, pp, 780-784.
6. FARUK O, BLEDZKI AK, FINK H, SAIN M. *Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. Progress in Polymer Science*. 2012 11;37(11):1552-96.
7. CHEN G, PATEL M. *Plastics derived from biological sources: Present and future: A technical and environmental review. chemical reviews*. 2011;112(4):2082-99.
8. AKTAŞ M, ATAS C, İÇTEN BM, KARAKUZU R. *An experimental investigation of the impact response of composite laminates. Composite Structures*. 2009 2;87(4):307-13.
9. FERABOLI P, KEDWARD KT. A new composite structure impact performance assessment program. *Composites Sci Technol*. 2006 8;66(10):1336-47.
10. SKU,H. ANG,H. (2011) A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites. *Composites Part B: Engineering*, 42, pp.856-873