



Composite: matriz de resina poliéster insaturada con fibras de refuerzo vegetales (cáñamo)

G. Tejero, Z. Bi

E.T.S.I. de Caminos, Canales y puertos, Universidad Politécnica de Madrid, C/ Profesor Aranguren 3, E28040, Madrid, Spain

INFORMACIÓN

Información del Proyecto:

Entrega anteproyecto 24 Febrero 2020

Entrega Proyecto 19 Mayo 2020

Disponible online 16 Julio 2020

Keywords:

Dentífrico biodegradable

Coloide

Ecológico

Salud bucodental

ABSTRACT

En la actualidad los materiales compuestos, también denominados “composites” están ganando importancia y aplicación a nivel mundial. La mayoría se componen de dos fases: la fase sustentante o matriz y la fase reforzante que está inmersa o firmemente adherida a la primera. La importancia que han adquirido estos materiales se debe principalmente, al aumento de ligereza frente aquellos que se han usado habitualmente por sus elevadas prestaciones mecánicas. Esta combinación de propiedades interesa fundamentalmente a las industrias aeroespacial y automotriz, por ello ya emplean un alto porcentaje de estos materiales en sus fabricaciones además de seguir investigando para el desarrollo de nuevos composites.

Teniendo en cuenta estos factores, el experimento consistirá en elaborar un material compuesto por una resina de poliéster insaturado y fibras de refuerzo vegetal (cáñamo). En concreto se elaborarán dos probetas con un alto porcentaje de fibra en las que variará la disposición de estas y el objetivo final será determinar que disposición confiere mejores propiedades mecánicas.

© 2020 ESTRUMAT 2.0. All rights reserved.

1. Introducción

En la actualidad los materiales compuestos, también denominados “composites” están ganando importancia y aplicación a nivel mundial. La mayoría se componen de dos fases: la fase sustentante o matriz y la fase reforzante que está inmersa o firmemente adherida a la primera. La importancia que han adquirido estos materiales se debe principalmente, al aumento de ligereza frente a aquellos que se usan habitualmente por sus elevadas prestaciones mecánicas. Esta combinación de propiedades interesa fundamentalmente a las industrias aeroespacial y automotriz, por ello ya emplean un alto porcentaje de estos materiales en sus fabricaciones además de seguir investigando para el desarrollo de nuevos composites.

Como se explica anteriormente los composites están formados por dos fases. La fase matriz (no necesariamente la mayoritaria) suele ser la más tenaz, aunque también la menos resistente y dura. Por otro lado, la fase reforzante es la de mayor resistencia y módulo elástico pero la más frágil. Es por ello que la combinación de estas dos fases y compensación de propiedades entre ambas permite una gran variedad de aplicaciones para estos materiales. Asimismo, constituyen un amplio campo de experimentación debido a las distintas posibilidades de combinación entre matrices poliméricas u orgánicas, las cuales pueden ser termoestables (resinas: de poliéster insaturado (UP), viniéster, Epoxi...), termoplásticas (resinas: de poliéster saturado, policarbonato, Nylon...) o elastómeros (Poliuretano, siliconas...). Y los distintos tipos de refuerzo que suelen ser fibras sintéticas, como ejemplo la fibra de carbono o la fibra de vidrio son las más empleadas por sus excelentes propiedades mecánicas, y menos empleadas, pero con buenas propiedades, las fibras de origen vegetal como el yute, el cáñamo y el bonote.

Hay tres tipos de composites: composites particulados, composites laminados y composites fibrosos en los cuales el refuerzo se encuentra en forma de fibras, estos últimos serán el objeto de estudio de este

experimento. Las características finales del composite son función tanto del porcentaje como de la orientación de las fibras, así, un elevado porcentaje de fibra aumenta la resistencia y rigidez del material mientras que la orientación determina el grado de anisotropía que presentará el composite.

Teniendo en cuenta estos dos factores, el experimento consistirá en elaborar un material compuesto por una resina de poliéster insaturado y fibras de refuerzo vegetal (cáñamo). En concreto se elaborarán dos probetas con un alto porcentaje de fibra en las que variará la disposición de estas y el objetivo final será determinar que disposición confiere mejores propiedades mecánicas.

2. Materiales

2.1. Fase matriz

La matriz del composite pertenece al grupo de las termoestables, es una resina de poliéster insaturado (UP) ortoftálica. Las matrices termoestables en concreto las de poliéster insaturado están entre las más empleadas en la construcción, aunque cada resina presenta propiedades muy específicas se pueden observar ciertas características generales en las resinas de poliéster insaturado: viscosidad muy baja antes del curado, estabilidad térmica, resistencia química, poca fluencia y relajación por tensión, buena capacidad de pre-impregnado, facilidad de fabricación y bajo coste económico. Estas resinas se encuentran disueltas en estireno que participa en el proceso de reticulación, y suelen venir mezcladas con un acelerador que ayuda a la descomposición del catalizador para que pueda empezar la reacción química. Los composites fabricados con resinas de poliéster presentan las siguientes características: baja viscosidad, buena trabajabilidad, muy alta contracción durante el curado, posibilidad de curado tanto a temperatura (T) ambiente como a altas temperaturas, buena resistencia eléctrica, excelente relación

calidad/precio y buenas propiedades mecánicas, aunque inferiores a las adquiridas empleando otras resinas. El tipo de matriz influye poco en las propiedades mecánicas de tracción y flexotracción, pero sí influye de manera notoria en las propiedades mecánicas de cortante y compresión además de determinar las condiciones de fabricación (viscosidad, punto de fusión, T^º de curado...).

La resina (UP) empleada para nuestro experimento es en concreto la resina DISTITRON 5119 que presenta las siguientes propiedades específicas:

Tabla 1. Tolerancias para la fabricación de la resina DISTITRON 5119 líquida

PROPIEDADES	UNIDAD	VALOR
Viscosidad RVF a 25 °C, s 2 rpm 20	MPa	580-700
Contenido en monómero	%	31-35
Tiempo de gel	min.sec	16.00-20.00
Tiempo de endurecimiento	min.sec	25.00-35.00
Pico exotérmico	°C	145-175

Tabla 2. Propiedades de la resina DISTITRON 5119 líquida

Aspecto-color	-----	Amarillo claro
Estabilidad a 20 °C en la oscuridad	Meses	6

Tabla 3. Preparación de las muestras

Tipo y cantidad de catalizador	0.8% MEKP
Tipo y cantidad de acelerante	0.3% Co6%
Ciclo de curado	24h a 2°C + 2h a 100°C + 1h a 100°C

Tabla 4 Propiedades de la resina DISTITRON 5119 polimerizada no reforzada

Resistencia a tracción	MPa	70
Módulo elástico a tracción	MPa	3900
Alargamiento a la rotura	%	2.5
Resistencia a flexión	MPa	135
Módulo elástico a flexión	MPa	4000
T ^º de distorsión al calor	°C	59
Transición vítrea	°C	68
Dureza Barcol a 25°C	Unidad	43

La matriz rodea, protege y soporta las fibras para proteger a las fibras de las condiciones medioambientales, factor muy importante en nuestro composite ya que al emplear fibras de origen vegetal son más susceptibles a las condiciones del medio, también las protege contra el desgaste y frente a los esfuerzos de compresión, además de evitar el pandeo de las fibras. Las características y propiedades de este material compuesto van a depender mucho de la matriz empleada.

2.2. Fase refuerzo

En los composites las propiedades mecánicas que aporta el refuerzo son: alta resistencia, alta rigidez y baja densidad. Es por ello que las fibras han de ser fuertes, resistentes y ligeras para que cumplan la función de refuerzo. Aunque para asegurarse de esto, las industrias suelen emplear fibras sintéticas, las fibras vegetales también cumplen estas propiedades. Además, el empleo de fibras vegetales adiciona una disminución del impacto ambiental y del coste económico de las fabricaciones y es por ello que se debe investigar en el desarrollo de composites con este tipo de refuerzos. Por ello se ha elegido como refuerzo de nuestro composite fibras vegetales.

En concreto se ha elegido fibra de cáñamo por su gran resistencia, durabilidad y accesibilidad frente a otras fibras de origen vegetal como el algodón o el lino. Además, estas fibras suelen tener un alto porcentaje en celulosa lo cual confiere buenas propiedades mecánicas pero debido a su carácter polar, las fibras de celulosa tienen una baja adhesión con matrices de polímeros no polares. Por esta razón para aumentar la compatibilidad entre la fibra y la resina se ha escogido el cáñamo que presenta porcentajes menores en celulosa y un alto grado de polimerización, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5. Características de los materiales

COMPOSICIÓN	% Celulosa	Grado Polimerización
Cáñamo	45-52	2200
Algodón	90	1400
Lino	51-52	2200

Tabla 6. Propiedades fibra de algodón y fibra de cáñamo

PROPIEDADES	ALGODÓN	CÁÑAMO (FIBRA SENCILLA)
Longitud de Fibra (mm)	20-30	15-25
Diámetro (micrómetros)	15-19	22-25
Finura de Fibra (Tex)	0,1-0,4	0,25-0,52
Gravedad Específica (g/mm ³)	1,52	1,47
Resistencia a Fricción (N/Text)	0,15-0,55	0,52-0,61
Longitud de Rotura (mm)	6-10	3-4

*La longitud de medida de las fibras es el Denier (masa en g de 9000m de fibra), aunque por lo general se empleará el Tex (masa en g de 1000m de fibra).

En esta tabla se pueden comparar algunas propiedades de la fibra de cáñamo frente a otras fibras en este caso el algodón. Por ejemplo, la fibra de cáñamo presenta mayor resistencia a la fricción y menor gravedad específica que la fibra de algodón, propiedades a tener en cuenta para el composite.

2.3. Historia del cáñamo

La fibra de cáñamo es una fibra vegetal procedente principalmente de la planta Cannabis Sativa (original de China). Es el árbol más utilizado en la extracción de la fibra ya que alcanza hasta 7 m de altura y sus fibras son de muy buena calidad. La fibra procedente del cáñamo ha sido muy utilizada desde antaño tanto para la fabricación de utensilios (alfombras, tejidos, sacos...) como para el logro de grandes avances. Hacia el año 1000 a.C, en China, se realiza por primera vez una pasta de celulosa a base de morera y cáñamo, datando el primer impreso en una de estas pastas (papel) hacia el año 700 d.C. También toma gran importancia en la industria marítimas, ya que cabos y velas eran fabricados de cáñamo. Fue un factor crucial en la carrera marítima del siglo XV, siendo problema nacional tanto para Inglaterra como para España, que tuvieron que aumentar su producción para el abastecimiento de los navíos. En el año 1941 Henry Ford diseñó un coche hecho a partir de plástico de cáñamo con el fin de abaratar los costes de producción y combatir la crisis de los metales en los años 40.

Más recientemente, se ha utilizado como base de productos textiles, lienzos, ropa y materiales de construcción reciclables y biodegradables. Ha sido utilizado por marcas como *Levi's*, que utilizó el cáñamo para fabricar sus primeros vaqueros, o Nike y Adidas las cuales han sacado al mercado varios modelos de zapatillas de cáñamo.

Un error muy común es confundir cáñamo con marihuana. A pesar de algunas similitudes, son plantas totalmente diferentes. Mientras que la marihuana se usa para fines farmacéuticos o recreativos, dado su alto contenido en THC y bajo en CBD, el cáñamo se usa para fines industriales y nutritivos por tener las concentraciones inversas (altos niveles de CBD y bajo en THC). Una de las ventajas del cultivo del cáñamo es, que, al ser una planta con alto grado de densidad y fácil adaptación al clima, se puede producir en gran cantidad en poco espacio en casi cualquier parte del mundo.

Tras esta breve introducción a la historia del cáñamo y su aplicación en la industria, hay que destacar que lo que determinará las propiedades del material compuesto será tanto el porcentaje como la orientación de las fibras, ambos objetos de este experimento. En los composites fibrosos las fibras pueden quedar orientadas de diversas formas: de forma unidireccional (fibras largas), de manera aleatoria (fibras cortas), con disposición ortogonal (tejidos 2D/3D) y en varias capas alternas. En el experimento se estudiará que disposición de las fibras confiere mejores propiedades mecánicas, una probeta presentará una disposición de manera aleatoria y en la otra estarán dispuestas formando un tejido de Sagra.

2.4. Compatibilidad entre resina(UP) y fibra de origen vegetal

Unos de los hándicaps del empleo de fibras vegetales como refuerzo, es que presentan en su composición compuestos como la lignina y la hemicelulosa, ricos en agua. El agua provoca la disminución de la resistencia mecánica del composite ya que es uno de los inhibidores naturales de la polimerización en las resinas de poliéster insaturado. Por ello se eligió la fibra de cáñamo, ya que presenta niveles más bajos de lignina y hemicelulosa que otras fibras de origen vegetal.

2.5. Composición química del cáñamo

- Agua: 10%
- Celulosa: 45% - 52%
- Hemicelulosa: 15% - 20%
- Lignina: 20% - 30%
- Ceniza: 4% - 5%

A pesar de presentar niveles más bajos, estos componentes siguen suponiendo un problema para la obtención de la máxima resistencia mecánica en nuestro composite, por ello las fibras empleadas para la realización de las probetas serán sometidas a un baño alcalino con objeto de eliminar o reducir la concentración de lignina y hemicelulosa de la fibra.

3. Procedimiento experimental

3.1. Tratamiento alcalino.

El primer paso en la realización de este experimento fue someter las fibras a un baño alcalino, para aumentar la sinergia entre la resina y las fibras vegetales.



Fig. 1. Fibras de cáñamo durante baño alcalino, probeta 1 (izquierda) y probeta 2 (derecha)

Las fibras se sumergieron en una disolución del 2% de NaOH en 700ml de agua durante 4 horas y se dejaron secar a T ambiente durante 24 h. Las fibras fueron previamente separadas y pesadas para tener las mismas proporciones en ambas probetas, además en la Fig. 1 (derecha) se puede observar como se introdujo el tejido de sagra ya hecho en vez de la fibra aleatoria pues de manera contraria hubiera sido imposible elaborar un tejido.



Fig. 2. Fibras de cáñamo tras baño alcalino, probeta 1 (izquierda) y probeta 2 (derecha)

Tras el baño el alcalino las fibras presentaban una textura más áspera y menos manipulable, además se redujo considerablemente el peso de estas. En una primera prueba con dos probetas diferentes cuyas masas en fibra eran 8 g y 13 g antes de ser sometidas al tratamiento, se redujo

pesando posteriormente 4,73 g y 6,50 g respectivamente. En un segundo intento que es el que se muestra en la Fig. 1, la masa del tejido era 62 g, por lo que teníamos 62 g de fibra en ambas figuras, que se redujo a 34 g tras ser sometidas al tratamiento. Por ello podemos concluir que la reducción de peso de la fibra tras el baño alcalino es aproximadamente del 50%.

Debemos añadir que el tratamiento alcalino debía concluirse con un enjuague de las fibras en una disolución de ácido acético y agua destilada, al no contar con estas sustancias se empleó agua mineral. Lo cual no sabemos cómo haya podido afectar a la fibra y a la eficacia del tratamiento.

3.2. Elaboración de probetas

Para la elaboración de las probetas a ensayar, se han fabricado 4 probetas con distintas proporciones de resina y fibra. se medirán las propiedades mecánicas de las tres.

El proceso de fabricación de las 4 probetas ha sido el mismo:

En primer lugar, hemos aplicado 5 capas de desmoldeante (FR16) que aparece en la Fig. 3 (izquierda) al molde, para facilitar la extracción de las probetas.

Después de esto se prepararon las capas de fibra de cada probeta y se hizo la mezcla de la resina y el catalizador, este último se empleó en un 2 % en todas las probetas. Tras obtener la mezcla homogénea de resina y catalizador procedimos a extender una primera capa de resina en el molde, después, colocar la capa de fibra y recubrirla con la resina restante en el recipiente.

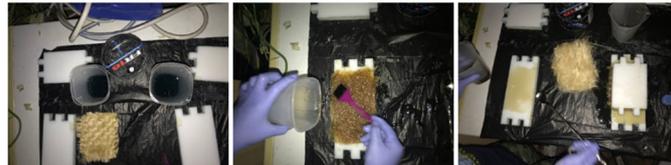


Fig. 3. Procedimiento de elaboración de las probetas

Una vez impregnada toda la fibra con la resina, colocamos la parte superior del molde para prensar la probeta y dejamos secar a temperatura ambiente durante 24 h. No realizamos el proceso de curado de la resina completo (24 h T ambiente + 2 h a 100 °C + 1 h 100 °C) porque observamos que algunas fibras de la superficie no estaban totalmente cubiertas por la resina lo que nos hizo pensar que no aguantarían los 100 °C y se desintegrarían.

Tras repetir este proceso 5 veces estas fueron las probetas que obtuvimos:



Fig. 4. Probetas obtenidas (izquierda) y Probeta 1 (derecha)

En esta segunda probeta optamos por disponer las fibras de manera aleatoria en dos capas que pesarían 5 g cada una y empleamos 200 ml de resina para la mezcla. El resultado fue la probeta que aparece en la Fig. 4, donde se ve una mayor cantidad de fibra en concreto 40 % en masa de fibra. A demás se empleó un molde más pequeño para dar espesor a la probeta.

*A pesar de emplear 200 ml de resina el peso de la probeta final se redujo a 25 g ya que eliminamos los bordes que solo contenía resina.



Fig. 5. Probetas obtenidas (izquierda) y Probeta 2 (derecha)

En esta probeta tejimos dos mallas imitando el tejido de tafetán de 4 gramos cada una y las dispusimos con la misma orientación, empleamos 200 ml de resina para la mezcla. El resultado fue la probeta de la Fig. 5, en el cual se ve el tejido bien impregnado por la resina y totalmente cubierto. El porcentaje de fibra en masa fue del 16 %.



Fig. 6. Probetas obtenidas (izquierda) y Probeta 3 (derecha)

Para la probeta 4 elaboramos un tejido de Sagra empleando haces de fibras, el peso total del tejido fue de 34 g. Se utilizaron en un primer momento 150 ml de resina, pero el tejido no quedaba totalmente cubierto por lo que añadimos 50 ml, el peso total de la probeta fueron 100 g. Y por tanto el porcentaje en masa de la fibra de esta probeta fue del 34 %.

En la Fig. 6 se observa como el tejido no está lo suficientemente compacto para rellenar todo el interior de la probeta y hay huecos llenos solo de resina.



Fig. 7. Probetas obtenidas (izquierda) y Probeta 4 (derecha)

Para la probeta 4 elaboramos una capa muy densa de fibras cortas (longitud aproximada de 10 cm) de masa 34 g. Y seguimos el mismo procedimiento que en la probeta 3, elaboramos una primera mezcla de resina de 150 ml y añadimos posteriormente 50 ml. El peso total de la probeta fue de 230 g obteniéndose un porcentaje en masa de fibra del 14,7 %.

4. Determinación de propiedades mecánicas

Para determinar las propiedades mecánicas de las probetas, se realizó un ensayo mecánico para medir la resistencia a flexión de las probetas 2 y 4, además se ensayó la probeta 3 pero no se realizaron cálculos.

4.1. Ensayo resistencia a flexión

El objetivo del ensayo es cuantificar la resistencia a flexión antes de rotura de la probeta mediante la aplicación de una carga conocida. La carga puede ser aplicada en 3 o 4 puntos, siendo estos: 2 puntos de apoyo + 1 ó 2 puntos de aplicación de la carga, que es transmitida de

forma perpendicular a la probeta. Se podrá determinar también una curva de carga-desplazamiento.

Para la elaboración del ensayo se empleó una carga focalizada en 3 puntos. Se colocó la probeta en una escalera, y se empleó una cuerda de poliéster de peso despreciable para añadir el peso. A esta cuerda se añadió un soporte para colocar el peso, de masa 6,6 kg (siendo este el peso mínimo que aplicamos a las probetas). A continuación, se fueron añadiendo losas de 1,9 kg cada una, teniendo un total de 18 losas que sumaban 35,1 kg. Al acabarse las losas disponibles, se emplearon troncos de madera previamente pesados alcanzando un peso máximo total de 68 kg. La finalidad del ensayo fue determinar que probeta presentaba mayor resistencia a flexión y relacionarlo con el proceso de fabricación empleado para la probeta.

Las características de las probetas ensayadas (Probetas 2 y 4) fueron las siguientes:

- **Probeta 2 (tejido tafetán):**

Espesor: 5,09mm ($5,09 \times 10^{-3}$ m)

Ancho: 7,7 cm (0,0077 m)

Largo: 11,1 cm (0,111 m)

Capas de fibra: 2

Porcentaje en masa de fibra: 16 %

- **Probeta 4 (aleatoria):**

Espesor: 9,7mm ($9,7 \times 10^{-3}$ m)

Ancho: 3,78 cm (0,0378 m)

Largo: 11,55cm (0,116 m)

Capas de fibra: 1

Porcentaje en masa de fibra: 14,7 %

Dado que el grosor de la probeta con fibras dispuestas de forma aleatoria era notablemente mayor que la que presentaba el tejido tafetán, surgieron problemas al ensayar la misma. La cuerda rompió antes que la probeta, teniendo que reemplazarla y buscar una solución. Por lo que se llegó a la conclusión de que dividir su sección era la solución más eficaz.

4.1.1. Hipótesis de resultados

Para la elaboración de la hipótesis de resultados del ensayo a flexión, se tuvo en cuenta dos factores: el porcentaje en masa de fibra y la disposición de estas.

Teniendo en cuenta que la fase refuerzo del composite aporta resistencia y rigidez al material, un mayor porcentaje de fibra aumentaría la resistencia a flexión de nuestro material, de ahí que se elaboraran varias probetas hasta obtener un porcentaje aceptable. Según este criterio la probeta que teóricamente desarrollaría una mayor resistencia a flexión sería la probeta 3 que presentaba un 34 % de fibra, y entre las dos probetas ensayadas debería ser la probeta 2 con un 16 % en masa de fibra.

El segundo criterio sería la disposición de las fibras que en primer lugar determinan el carácter anisótropo del material por lo que, al someterlas a un ensayo a flexión, no podemos determinar que disposición de fibras confiere mayor resistencia. Este dato lo obtendríamos experimentalmente sin fundamento teórico. Sin embargo, podemos suponer que la probeta 3 con la disposición de las fibras de manera aleatoria, presentará un comportamiento más isotrópico que la probeta 2 y por ello una menor resistencia.

5. Análisis de resultados

Los resultados obtenidos del ensayo fueron los siguientes:

Tabla 7. Resultados de los ensayos de tracción

	PESO (N)	δ (MPa)	ϵ (MPa)
Tejido tafetán	666,4 N (68kg)	45 MPa	22,62x10 ⁻³
Disposición aleatoria	553,7 N (56,5kg)	21 MPa	25,15x10 ⁻³

De donde comprobamos que la probeta 2 con tejido tafetán nos da mejores resultados que la probeta 4 con disposición aleatoria en cuanto a la resistencia a flexión. Esto confirma la hipótesis de que la probeta 4 presenta un comportamiento más isotrópico sacrificando así su resistencia a flexión.

Observación: durante los ensayos mecánicos pudimos observar dos comportamientos marcados en todas nuestras probetas.

1. Las probetas ensayadas sufrían un agrietamiento previo a la rotura, sobre todo en las zonas superficiales donde había más cantidad de resina. Siendo este agrietamiento iniciado en la zona en contacto con la carga y avanzando hacia los bordes de la probeta. Sin embargo, en la zona más interna se observó que la fibra evitó que agrietara.
2. Las probetas experimentaban flexión a la hora del ensayo, siendo esta mayor en las probetas de tejido tafetán. Las probetas con disposición aleatoria flexionaban mucho menos que la trenzada, aunque esto podría ser debido a su grosor (mayor en las probetas aleatorias).

Los resultados obtenidos en los diferentes 3 ensayos realizados a cada tipo de probetas fueron muy parecidos:

- 68, 68 y 69 kg en las probetas con tejido tafetán
- 56,5, 57 y 55 kg en la probeta de aleatorio

Por lo que se deduce que la placa inicial de la que se extrajeron las mismas presentaba una composición bastante homogénea.

Observación: Tanto en el caso de la aleatoria como en el de tejido, fue necesario esperar un tiempo de entre 30 y 90 segundos desde el momento en el que se aplicaba la carga hasta el de rotura.

6. Conclusiones

Se concluyó que las mejores prestaciones mecánicas se dan con un porcentaje de resina entre el 15-20 % (en masa) de fibra en nuestro composite con fibras de refuerzo vegetal. En contra de lo que dicta la teoría, ya que las mejores prestaciones mecánicas las deberíamos haber obtenido de la probeta 3 que presentaba un 34 % de fibra, y sin embargo al ensayarla fue tan baja su resistencia que escogimos otra probeta.

Y por otro lado confirmamos que la disposición de fibras tejidas y en varias capas, aumenta la resistencia del composite. Aunque, esto agrava el comportamiento anisotrópico del material. Por lo que la disposición de las fibras en tejido o aleatoria, dependerá de si las condiciones de aplicación de nuestro composite requieren un comportamiento isotrópico y convenga la disposición aleatoria, o precise de una alta resistencia y la anisotropía no sea un inconveniente.

Por último, este composite podría emplearse para aplicaciones de uso doméstico o industrial que no requieran de altas prestaciones mecánicas. Implica una disminución del impacto ambiental frente a plásticos reforzados y otro tipo de composites con fibras sintéticas. Además de un abaratamiento del coste de fabricación por la accesibilidad del cáñamo y la resina empleados.