

Tejidos, laminados, fibras

El material más idóneo para la confección de velas será el que menos se deforme bajo la tensión producida por la fuerza del viento sobre la superficie de la vela.

Hay que tener en cuenta sin embargo que según el programa de navegación al que vaya destinado, el material deberá tener las siguientes características;

- **Ligereza:** A mayor peso en las velas mayor par de escora en el barco. Este efecto deberemos evitarlo en lo posible. Además en vientos ligeros, las velas con el peso optimizado, las más ligeras son las que cogen más rápidamente el perfil deseado.
- **Flexibilidad:** Para que la vela soporte de la mejor manera posible el plegado, el flameo y asimismo, sea manejable en las maniobras.
- **Durabilidad:** El material tendrá que soportar roces fuertes contra la jarcia, rayos ultravioletas, humedad, salitre y formación de moho.

Otro punto a tener en cuenta en más o menos medida es el precio del material.

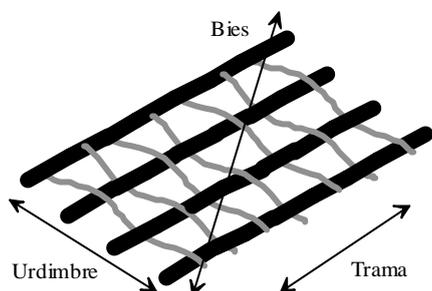
Hoy en día disponemos de una gran diversidad de materiales para la confección de velas.

Tejidos

Historia

Hasta finales de los años setenta, todos los materiales de vela utilizados eran materiales tejidos en telares. Se utilizaba ya desde los años cincuenta y sobre todo sesenta exclusivamente hilos basados en fibras de polyester (Dacron) para las velas en general y de polyamida (Nylon) para los spis y velas para vientos portantes. Estas fibras desbancaron rápidamente el algodón por ser muy superiores a éste en cuanto a la deformación y peso.

Características de los tejidos

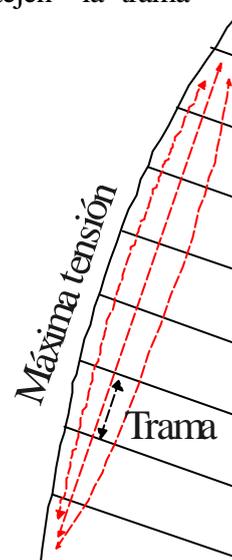


Los tejidos, por su propia construcción tienen unas deformaciones a la tracción distintas en el sentido longitudinal al rollo (urdimbre), transversal (trama) y diagonal (bies).

Si miramos de cerca los hilos que componen la trama veremos que estos son gruesos y relativamente rectos con lo cual ofrecen una buena resistencia a la deformación. Los de urdimbre tienen que ser más finos, pues son los que “tejen” la trama haciendo “eses” por encima y por debajo de esta. A causa de esto, por muy apretado que esté el tejido, la urdimbre siempre ofrecerá menos resistencia a la deformación.

En cuanto al bias, si la trama y la urdimbre al estar perpendicular la una respecto a la otra, forman unos cuadrados, al estirar diagonalmente estos se convierten en rombos alargándose fácilmente.

Esta característica del tejido, nos hará orientar la trama (transversal al rollo) en el sentido de máxima tensión de la vela que se sitúa en la baluma de esta. De esto surge el clásico **corte horizontal**. Por esto los cortes radiales no son aconsejables con estos tejidos a excepción de que sean tejidos muy elaborados y caros.



Fabricación y acabados de los tejidos

Durante el proceso de fabricación, el tejido es sometido al máximo nivel de compresión para obtener un tramado lo más tupido posible. Además, los fabricantes elaboran un proceso posterior de tratamiento en caliente, a condiciones de temperatura, presión y tiempo determinados con el objetivo de obtener un encogimiento de un 5 a 15% quedando la trama aún más tupida. Ahí reside la dificultad de mezclar fibras distintas, pues no todas encogen igual durante este tratamiento. No ha sido hasta la actualidad que la tecnología e investigación ha permitido mezclar fibras como el Pentex, Vectran o Spectra, distintas al Dacron.

El proceso evoluciona posteriormente con la aplicación de distintos grados de resinado y calandrado^(#) para conseguir la mínima deformación del bias y una superficie lisa. Estos tratamientos serán más marcados en velas de competición, pues se consigue con ello mejorar mucho la resistencia a la deformación de las velas reduciendo por el contrario la vida de estas. Empeora la resistencia al flameo y el plegado de la vela básicamente.

Las velas no muy resinadas, aparte de una vida más larga, ofrecen la ventaja para el crucerista de ser más agradables al tacto en las maniobras.

Calandrado; el tejido se pasa entre dos rodillos con presión y temperatura exacta para que la urdimbre quede más o menos soldada a la trama consiguiendo así mejorar la deformación del bias.

Tipos de tejidos

Se utilizan distintos pesos del tejido según la fuerza de viento y el tamaño de la vela a que irá destinado. Viene expresado en onzas de velero o en gr/m² (una Oz son aproximadamente 43gr/m²).

Hay tejidos menos apretados que otros (menos hilos por cm²) que serán más económicos pero menos estables de forma.

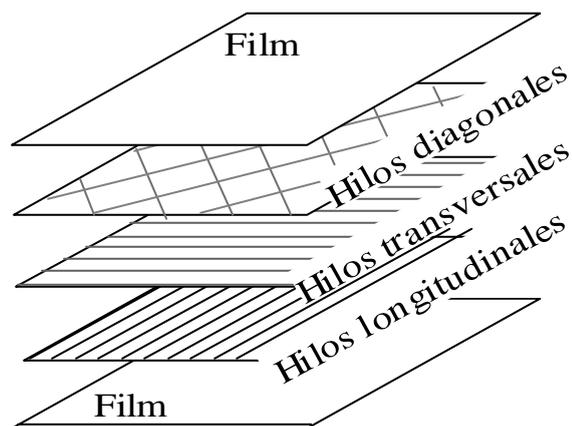
En tejidos de gama alta, para las velas “High Aspect” (velas estrechas y altas) como mayores o focas solent, donde las tensiones se concentran más verticalmente se utilizarán hilos más gruesos en la trama (Strong Fill). Asimismo se intentará equilibrar las deformaciones del tejido entre trama, urdimbre y bias (Balanced) para velas “Low Aspect” (velas bajas y anchas) como génovas o mayores con mucha botavara.

Asimismo, como ya hemos mencionado antes, los distintos tipos de resinados nos darán tejidos más idóneos para competición o para crucero.

Laminados

Historia

A finales de los años setenta, aparecieron los primeros materiales en que la estabilidad de forma se buscaba ya no a base de resinados, sino que se adhería a un lado del tejido una lámina de polyester (Mylar) con muy buena resistencia a la deformación en todas direcciones.



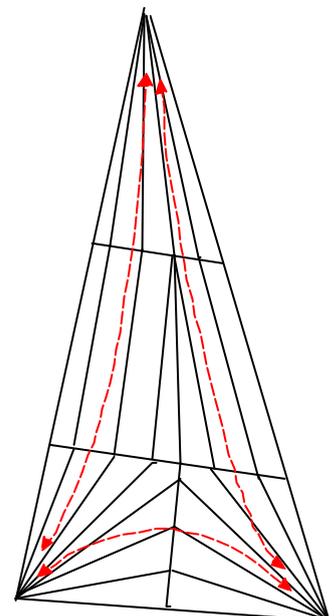
diagonalmente para mejor resistencia al bias, todo ello laminado entre dos films de Mylar.

Estos materiales son los que se utilizan para velas de **corte radial** pues su máxima resistencia a la deformación está orientada longitudinalmente al rollo. Asimismo, este corte nos permitirá utilizar el gramaje de material más idóneo en cada zona de la vela.

Características de los laminados

La evolución de los primeros laminados ha ido hacia un material compuesto por:

- hilos gruesos y rectos, que van en sentido del rollo y que son los que soportarán la mayor parte de la tensión en velas cortadas radialmente a las tensiones
- hilos transversales al rollo que le darán resistencia transversal y al rasgado
- hilos colocados

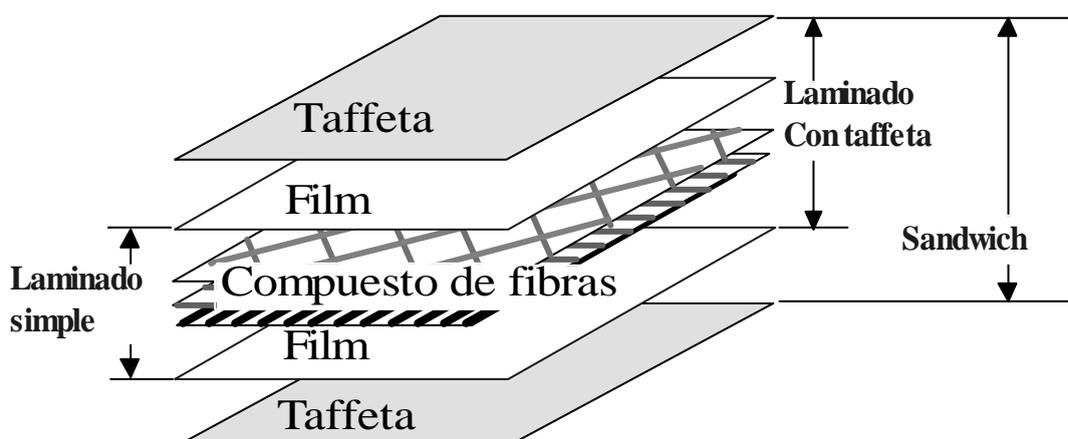


Tipos de laminados

Cuando la fibra utilizada para los hilos es el dacron, tendremos el material que comúnmente (pero incorrectamente) se ha dado por llamar “Mylar”. Si es de Kevlar, el Mylar-Kevlar y así tendremos materiales a base de muchas fibras distintas, que no tienen porque ser las mismas en las distintas orientaciones.

Aparte de los distintos gruesos o pesos de los laminados para adaptarlos a las fuerzas que tendrán que soportar, podemos distinguir tres tipos distintos:

- **Los laminados simples (Triply):** Formados por un compuesto de distintas fibras colocadas longitudinalmente, transversalmente y radialmente y encoladas entre dos films. Normalmente estos materiales son a base de fibras de alto modulo para la alta competición aunque también se utiliza mucho con fibra de polyester para las velas de regata de los monotipos y regatas de club. Es el material más ligero pero el menos duradero.
- **Laminados con taffeta:** Cuando se quiere alargar la vida de la vela, aunque sea a costa del peso de la misma, se utilizará el laminado simple pero con un tejido de gramaje muy ligero llamado “taffeta” adherido a una cara. Es un material muy habitual con fibra de polyester en velas para regatas de club o en velas para mucho viento. Pues soportan mucho mejor el flameo.
- **Sándwich:** Para los cruceristas que deseen tener unas velas radiales de inmejorables prestaciones pero no quieren renunciar a la durabilidad, aspecto y tacto de las velas de tejido, utilizaremos el material denominado comúnmente sandwich y que hace referencia a estos laminados pero con una taffeta a cada lado del material. Normalmente las fibras son de polyester, aunque para grandes yates se utiliza Spectra, Vectran y incluso carbono.



Los distintos componentes utilizados para la elaboración de los laminados, son las fibras, el film y la cola para unir todo

Fibras

Las fibras son las principales encargadas de soportar y resistir las tensiones de la vela. A mayor resistencia a la deformación de la fibra, menor será la cantidad (y en consecuencia peso) de fibra que deberemos utilizar para soportar una tensión determinada. Para la elaboración de materiales para velas, se utiliza gran cantidad de fibras distintas, cada una de ellas con sus propias características positivas y negativas.

Nylon®: Fibra de polypropileno, a mismo peso de fibra, es más resistente a la rotura (tenacidad) que el Dacron, pero mucho más flexible. Estas dos características la hacen la mejor adaptada para tejidos de spis al absorber muy bien los fuertes golpes que soportan los spis al hincharse violentamente después de los desventes. También es una fibra que se puede fabricar muy fina y en consecuencia obtener tejidos muy ligeros para spis. No le afectará en absoluto los pliegues que se forman al introducirlo en la bolsa de spi.

Dacron®: Nombre comercial dado por Dupont a la fibra de polyester. Es la fibra ideal para los materiales tejidos destinados a velas de crucero por su precio y por su longevidad. Muchas clases monotipos, solo permiten por reglamento la utilización de fibra de polyester para controlar el coste. Es la fibra que se utiliza en los laminados que normalmente los llamamos simplemente Mylar. Su inconveniente es su elasticidad comparada con otras fibras de alto modulo.

PEN (Pentex®): Es un super Dacron, o sea una evolución de la fibra de polyester que multiplica por 2.5 las prestaciones a la deformación bajo tensión del Dacron. Desgraciadamente, su precio supera en mucho a éste. Al ser un polyester esta permitido por los reglamentos que solo permiten este material.

Vectran®: Polimero de “cristales líquidos” de Hoechst. Multiplica por 5 las prestaciones del Dacron. A menudo utilizada en los laminados como fibra transversal por su buena resistencia a la flexión (flameo) Es muy sensible a los rayos ultravioletas.

Technora Black®: Aramida de Teijin (Japón). Multiplica por 5.5 las prestaciones del Dacron. Material de color negro que se suele utilizar mucho en los laminados para los hilos diagonales o transversales. Soporta bien los UV y la flexión.

Kevlar®: Aramida de Dupont, hoy en día se utilizan el K 49 (9 veces mejor que el Dacron) y el Kevlar Edge® (utilizado por Dimension Polyant es unas 10 veces mejor que el Dacron). Es la fibra más conocida con muy buena relación prestaciones-ligereza-precio. Soporta mal los UV y la flexión.

Twaron®; Aramida de Akzo Nobel muy utilizada por Bainbridge es unas 9 a 10 veces mejor en deformación que el Dacron. Mismas características que el Kevlar.

Spectra® o Dyneema®; Dos nomenclaturas para el mismo material según el fabricante, Spectra de Allied signal (USA) y Dyneema de DSM (Holanda). Material casi ideal, muy buena resistencia al estiramiento (12.5 veces mejor que Dacron), a la rotura bajo tensión, a los rayos UV y a la flexión. Tiene sin embargo un inconveniente para velas de competición y es que se estira algo cuando se le aplica una tensión continuada (aunque esta esté lejos del punto de rotura) y no recupera completamente su forma antigua.

Esto nos obliga a sobredimensionar el material para evitar deformaciones de la vela. Es sin embargo opción muy buena para barcos de grandes dimensiones donde el peso y el precio son secundarios.

Carbono: Esta fibra tiene unas características muy buenas para su aplicación en los laminados. Según el tipo de carbono es 14 a 19 veces mejor que el Dacron en estiramiento y tiene muy buena resistencia a los UV. Aparte de estos dos datos, su gran ventaja es su extraordinaria tenacidad que combinada con que no se estira bajo tensión continua nos permite utilizar materiales mucho más ligeros. Su talón de Aquiles es su poca resistencia a la flexión. Para paliar al máximo este inconveniente, en los laminados no se utiliza esta fibra en forma de hilos, sino en forma de cintas de filamentos unidireccionales y no tejidas muy delgadas que resultan mucho más tolerantes a la flexión que los clásicos hilos de fibras. Esta disposición de las fibras combinando la tenacidad y la resistencia a los UV está demostrando que los laminados a base de esta fibra, pueden durar tanto o más que los laminados a base de Kevlar o otras fibras de alto modulo. Por su extraordinaria resistencia tendremos velas más ligeras y a un coste no muy superior a los otros laminados.

PBO® o Zylon®: Aramida de Toyobo (Japón). Esta fibra supera en todas en estiramiento (18.5 veces mejor que el Dacron) pero desgraciadamente también las supera a todas y mucho en precio. Tiene un punto de rotura bajo tensión muy bueno, pero su resistencia a la fatiga y a los UV deja mucho que desear. Este material se asocia a menudo a un color naranja, pero esto es debido a que el primer fabricante que lo utilizó lo laminó con un film protector de UV Magna Shield de color ámbar.

Características comparadas de las fibras:

	1	2	3	4	5	6
Dacron	10	1,00	8 %	0 %	6 meses	Tejidos y laminados para crucero y clases monotipo
Nylon	22	1,20	12 %	0 %	3-4 meses	Spis, asimétricos y velas para vientos portantes
PEN (Pentex)	3,8	1,29	6 %	0 %	6 meses	Tejidos y laminados para clases monotipos
Vectran	2	2,91	2 %	15%	1-2 meses	Tejidos y laminados para grandes yates
Technora Black	1,8	3,58	4,2 %	7%	3-4 meses	Laminados regata
Twaron	1,1	3,04	1,5 %	25%	2-3 meses	Laminados competición
Kevlar Edge	1	3,16	1,5 %	25%	2-3 meses	Laminados competición
Spectra Dineema	0,8	4,24	5 %	0 %	6-7 meses	Tejidos y laminados grandes yates y regatas oceánicas
Carbono	0,7-0,5	12,66	1,2 %	100%	no afecta	Laminados alta competición
PBO o Zylon	0,5	5,57	2,5 %	44%	2-3 meses	Laminados alta competición

- 1 **Estiramiento:** Si una fibra de un peso y longitud determinados de Dacron se estira 10 con una fuerza, las otras fibras con el mismo peso y longitud, y aplicando la misma fuerza, se estirarán x. Esto nos muestra que el Nylon se estira más del doble que el Dacron, el Kevlar 1/10 parte y por ejemplo el PBO y el carbono aguantan prácticamente el doble que el Kevlar.
- 2 **Tenacidad:** Si una fibra de Dacron de un peso y longitud determinado necesita una fuerza de 1 para romperse, las otras fibras del mismo peso y longitud necesitarán una fuerza de x para romperse. Aquí vemos por ejemplo que curiosamente el Nylon es más fuerte que el Dacron y prácticamente como el PEN. Vemos también que el carbono es comparativamente irrompible bajo tensión pues soporta 12 veces más tracción que el Dacron.
- 3 **Estiramiento en rotura:** En porcentaje lo que se ha alargado una fibra justo antes de la rotura. Este dato nos habla de lo que podríamos llamar la “elasticidad relativa”. Globalmente, los que más se estiran antes de la rotura, pueden llegar a deformaciones permanentes si nos aproximamos a su límite de rotura o incluso a deformarse cuando se aplica una tensión constante, aunque esta esté lejos del punto de rotura. Suelen ser por otro lado los que mejor aguantan la fatiga del flameo y plegado de la vela.
- 4 **Fatiga o flexión:** En porcentaje, la pérdida de resistencia de una única fibra o filamento (no hilo o cinta de fibras) después de plegarla 60 veces hacia uno y otro lado. Aquí vemos claramente, cómo los materiales más resistentes a la rotura y al estiramiento son los más frágiles. Cuando el Dacron, Nylon, Pentex y Spectra no llegan a perder nada de su resistencia tras este “envejecimiento”, el carbono la ha perdido totalmente. Esto no quiere decir que tras 120 o más plegadas no vayan también a sufrir.
- 5 **Rayos ultravioletas:** Tiempo transcurrido para que la fibra pierda el 50 % de su resistencia a la flexión expuesta a los rayos UV artificiales día y noche. Hay que tener en cuenta que las velas no están expuestas al sol día y noche pero sí que tendremos que protegerlas lo máximo posible del sol con fundas o filmes protectores.
- 6 **Utilización más habitual:** Hay que tener en cuenta, que normalmente en los laminados y a veces en los tejidos, se utilizan varias fibras distintas en un solo material combinando las ventajas de cada una.

Filmes

El film es el responsable de cerrar el paso del viento a través del enrejado de fibras y de servir de base para poder fijar las fibras en la posición deseada. Asimismo, ayuda a soportar las tensiones que cruzan inclinadas (bies) todas las fibras.

Mylar®: es el nombre comercial de Dupont de lámina de polyester (PET). Es el film más utilizado para los laminados. Suele tener un grueso de 20 a 50 micras según el tipo de laminado. Protege algo las fibras de los UV pero a costa de absorberlos y deteriorarse él mismo. La vida de una vela, a menudo queda limitada por la vida del Mylar que soportará sólo hasta cierto punto el flameo, el plegado y los rayos UV antes de empezar a deteriorarse.

Hoy en día se utiliza esta lámina en estado puro (sin tejido ni fibra) pero bastante más gruesa (de 125 a 180 micras) para las velas de windsurf, transparentes, bajo el nombre de monofilm. Esto no es posible para velas de mayor tamaño y sin o con pocos sables por su ínfima resistencia al flameo en estos grosores.

Magna Shield®: Film de color que absorbe hasta un 75% de los UV utilizado para los laminados con las fibras más sensibles al sol.

Cola y encolado

Las colas y los procesos de encolado utilizados ahora, han mejorado mucho desde los inicios de los laminados en que era muy común ver velas que se delaminaban con mucha rapidez. Una de las ventajas de los materiales laminados en plano (no en 3 dimensiones) es que esto permite unos procesos de unión a una temperatura y una presión de varias toneladas imposibles sobre un molde.

En algunas ocasiones se tiñe la cola de algún color oscuro o se añaden aditivos especiales para intentar proteger las fibras de los rayos UV.

Cuben Fiber, otro tipo de laminado

Otro tipo de material que hoy se está introduciendo para velas de altísima competición (Copa América o competiciones oceánicas de alto nivel) es el denominado Cuben Fiber. Fabricado por la Cuben Fiber Corporation (Arizona-USA), este material viene a ser un laminado a base de capas muy finas de filamentos no tejidos de Spectra, carbono o incluso Dacron y PEN dispuestos en el sentido de esfuerzo de la vela, las cuales en vez de laminarlas con filmes encolados, las fibras se impregnan con resina de Tedlar de Dupont. El resultado es una especie de estratificado de fibras muy delgado y ligero con unas características de indeformabilidad y duración muy buenas. Según la cantidad de capas de fibra utilizada, se aplica tanto en los spis más ligeros, como en las velas más pesadas de competiciones oceánicas.

El precio y la limitada producción de este material es su gran inconveniente.