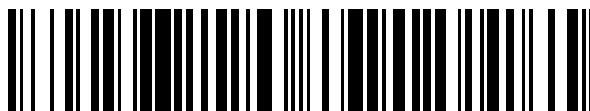


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 331**

51 Int. Cl.:

|                  |                             |           |
|------------------|-----------------------------|-----------|
| <b>B32B 5/00</b> | (2006.01) <b>B32B 9/00</b>  | (2006.01) |
| <b>B32B 5/02</b> | (2006.01) <b>B29C 70/00</b> | (2006.01) |
| <b>B32B 5/04</b> | (2006.01) <b>B29C 70/20</b> | (2006.01) |
| <b>B32B 5/06</b> | (2006.01)                   |           |
| <b>B32B 5/10</b> | (2006.01)                   |           |
| <b>B32B 5/12</b> | (2006.01)                   |           |
| <b>B32B 5/26</b> | (2006.01)                   |           |
| <b>B32B 5/28</b> | (2006.01)                   |           |
| <b>B32B 7/00</b> | (2009.01)                   |           |
| <b>B32B 7/02</b> | (2009.01)                   |           |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.02.2014** **E 14154244 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019** **EP 2772351**

54 Título: **Placa laminada compuesta que tiene un ángulo de lámina cruzada reducido**

30 Prioridad:

**28.02.2013 US 201313780382**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.05.2020**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**KISMARTON, MAX U.**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 762 331 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Placa laminada compuesta que tiene un ángulo de lámina cruzada reducido

### Antecedentes

- 5 Un ala compuesta de una aeronave comercial está diseñada para la resistencia a la flexión y la rigidez en condiciones normales de operación (donde las cargas de flexión son dominantes). El revestimiento del ala hecho de un material compuesto tal como el plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP) puede incluir múltiples capas de fibras de refuerzo orientadas a 0 grados con respecto a una dirección de carga dominante para la resistencia a la flexión.
- 10 El revestimiento del ala también puede incluir múltiples capas de fibras de refuerzo orientadas a 90 grados (con respecto a la dirección de carga dominante) para la rigidez a la flexión. Estas fibras de 90 grados también pueden aumentar la resistencia transversal y la resistencia al rodamiento.
- 15 El revestimiento del ala también puede estar diseñado para la tolerancia al daño. Se pueden agregar múltiples capas de fibras de refuerzo orientadas a +45 y -45 grados (con respecto a la dirección de carga dominante) para suprimir la división longitudinal del revestimiento que de otro modo ocurriría cuando el revestimiento incurre en un gran daño penetrante y las fibras se rompen. Estas fibras de  $\pm 45$  grados también pueden aumentar la resistencia al corte, la resistencia a la torsión y la rigidez a la flexión.
- Cada capa de fibras de refuerzo agrega peso al revestimiento del ala. A medida que se agrega peso, aumentan los costes de combustible y otros costes operativos de la aeronave.
- En esto radica el desafío de reducir el peso del revestimiento del ala sin comprometer la resistencia a la flexión, la rigidez a la flexión y la tolerancia al daño.
- 20 El documento EP 2671707 divulga un laminado compuesto que tiene un eje primario de carga y que comprende una pluralidad de capas de resina cada una reforzada con fibras unidireccionales. El laminado incluye capas cruzadas con orientaciones de fibra optimizadas para resistir las cargas de flexión y de torsión a lo largo del eje primario de carga.
- 25 El documento US 2006/0222837 divulga estructuras laminadas compuestas y métodos para formar las mismas. En una realización, la estructura incluye una primera capa bidireccional que tiene una primera porción que incluye fibras de refuerzo paralelas orientadas en un primer ángulo con respecto a una primera dirección y una segunda porción que incluye fibras de refuerzo paralelas orientadas en un segundo ángulo con respecto a la primera dirección. La estructura incluye además una segunda capa bidireccional que tiene una primera porción que incluye fibras de refuerzo paralelas orientadas en un tercer ángulo con respecto a la primera dirección y una segunda porción que incluye fibras de refuerzo paralelas orientadas en un cuarto ángulo con respecto a la primera dirección. Al menos una capa unidireccional que tiene una pluralidad de fibras de refuerzo paralelas está acoplada a al menos una de la primera capa bidireccional y la segunda capa bidireccional.
- 30 El documento US20090104398 divulga un artículo compuesto que tiene fibras de refuerzo orientadas para suprimir o retrasar la división de la capa.

### Resumen

- 35 De acuerdo con una realización en este documento, una placa laminada compuesta comprende una primera pluralidad de capas de fibras de refuerzo para resistencia longitudinal en una dirección de carga dominante, y una segunda pluralidad de fibras de refuerzo orientadas en diferentes ángulos alrededor de los ángulos  $\pm \beta$  promedio con respecto a la dirección de carga dominante, donde  $\beta$  está entre 15 y 35 grados.
- 40 De acuerdo con un ejemplo en este documento, una estructura que tiene una dirección de carga dominante comprende una placa compuesta laminada que incluye una pluralidad de capas de fibras  $\alpha$  orientadas en ángulos  $+\alpha$  y  $-\alpha$  con respecto a un eje x, y una pluralidad de capas de fibras  $\beta$  orientadas en ángulos  $+\beta$  y  $-\beta$  con respecto al eje x. El ángulo  $\beta$  está entre 15 y 35 grados, y el ángulo  $\alpha$  es de 0 grados o entre 2 y 12 grados.
- 45 De acuerdo con otro ejemplo en este documento, una viga de caja compuesta comprende una subestructura de rigidización, una primera placa laminada que cubre un lado de la subestructura y una segunda placa laminada que cubre un lado opuesto de la subestructura. Cada placa incluye una primera pluralidad de fibras de refuerzo orientadas en un ángulo entre 15 y 35 grados con respecto a un eje longitudinal de la subestructura.
- 50 De acuerdo con otra realización en este documento, un método para formar una placa que tiene un eje x comprende formar una pila de capas que incluye una primera pluralidad de fibras de refuerzo orientadas en un ángulo  $\pm \alpha$  con respecto al eje x, y una segunda pluralidad de fibras de refuerzo orientadas en diferentes ángulos alrededor de un ángulo  $\beta$  promedio con respecto al eje x, donde  $\beta$  está entre 15 y 35 grados, y  $\alpha$  es 0 grados o entre 2 y 12 grados.
- Estas características y funciones pueden lograrse independientemente en diversas realizaciones o pueden combinarse en otras realizaciones. Se pueden ver detalles adicionales de las realizaciones con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1A es una ilustración de una capa de fibras de refuerzo y un sistema de coordenadas de capa.

La Figura 1B es una ilustración de una placa laminada compuesta que incluye capas de fibras de refuerzo orientadas en diferentes ángulos con respecto a un eje x de la placa.

- 5 La Figura 2 es una ilustración del efecto de diferentes ángulos de fibra en la resistencia total de una placa laminada compuesta.

La Figura 3 es una ilustración de resultados generales para pruebas de tensión de muesca grande en un conjunto de cupones compuestos, las pruebas realizadas por el solicitante.

- 10 La Figura 4 es una ilustración de los resultados generales de las pruebas de tensión de orificios rellenos en un conjunto de cupones compuestos, las pruebas realizadas por el solicitante.

La Figura 5 es una ilustración de un método para formar una placa laminada compuesta.

La Figura 6 es una ilustración de una pila de capa de fibras de refuerzo.

La Figura 7 es una ilustración de una viga de caja que incluye placas laminadas compuestas.

La Figura 8 es una ilustración de diferentes vigas que incluyen placas laminadas compuestas.

- 15 Descripción detallada

Se hace referencia a la Figura 1A, la cual ilustra una capa 10 de fibras 12 de refuerzo, y un sistema de coordenadas de capa. El sistema de coordenadas de capa incluye un eje 1, eje 2 y eje 3. Las fibras 12 son unidireccionales y se extienden a lo largo del eje 1. El eje 2 se encuentra en plano con el eje 1, pero es normal al eje 1. El eje 3 se encuentra fuera del plano con los ejes 1 y 2, pero es normal a los ejes 1 y 2. La capa 10 tiene una dirección muy fuerte a lo largo del eje 1, y tiene una dirección muy débil a través de las fibras (a lo largo de los ejes 2 y 3).

- 20 Se hace referencia a la Figura 1B, la cual ilustra una placa 110 laminada compuesta que incluye múltiples capas de fibras de refuerzo incrustadas en una matriz. Las fibras de refuerzo y la matriz no están limitadas a ninguna composición particular. Los ejemplos de material para las fibras de refuerzo incluyen, pero no se limitan a, carbono, fibra de vidrio, Kevlar, boro y titanio. Los ejemplos de material para la matriz incluyen, entre otros, plástico y metal.
- 25 Como un primer ejemplo, la placa 110 incluye fibras de carbono incrustadas en una matriz de plástico. Como un segundo ejemplo, la placa 110 incluye fibras de carbono incrustadas en una matriz de titanio.

- 30 La placa 110 tiene un eje de dirección x, el cual está representado por una línea punteada. Por ejemplo, el eje x puede corresponder a la dirección de carga dominante de la placa 110, por lo que se aplica fuerza de tracción o compresión en la dirección del eje x. La placa también tiene un eje y, el cual se encuentra en plano con el eje x, y un eje z, que se encuentra fuera del plano con los ejes x y y (los ejes y y z no se ilustran). Los ejes x, y y z son ortogonales.

Una primera pluralidad de capas de fibras 120 de refuerzo están orientadas en ángulos  $+\alpha$  y  $-\alpha$  con respecto al eje x. Estas fibras, en lo sucesivo denominadas fibras  $\alpha$  120, proporcionan resistencia longitudinal en la dirección del eje x. En algunas realizaciones,  $\alpha=0$  grados para la resistencia longitudinal máxima.

- 35 Una segunda pluralidad de fibras 130 de refuerzo están orientadas en ángulos  $+\beta$  y  $-\beta$ , con respecto al eje x donde  $\beta$  está entre 15 y 35 grados. En lo sucesivo, estas fibras se denominan fibras  $\beta$  130. En algunas realizaciones,  $\beta$  es de aproximadamente 25 grados.

- 40 Si todas las fibras  $\beta$  están orientadas en el mismo ángulo, es posible que la división de las capas se produzca en la dirección de esas fibras  $\beta$ . Para suprimir la división de las capas, las fibras  $\beta$  pueden orientarse en ángulos ligeramente diferentes, es decir, el ángulo de las fibras  $\beta$  es "confuso". Se considera el ejemplo de  $\beta=25$  grados. En lugar de utilizar capas con fibras  $\beta$  orientadas a solo  $+25$  grados, algunas de las capas tienen fibras  $\beta$  orientadas a  $+22$  grados, otras capas tienen fibras  $\beta$  orientadas a  $+25$  grados y otras a  $+28$  grados, de tal modo que el ángulo promedio de las fibras  $\beta$  es de  $+25$  grados. De manera similar, el ángulo promedio de  $-25$  grados puede obtenerse mediante algunas capas de fibras  $\beta$  orientadas a  $-22$  grados, otras a  $-25$  grados y otras a  $-28$  grados.

- 45 En algunas realizaciones, una tercera pluralidad de capas de fibras de refuerzo puede orientarse en ángulos  $+\gamma$  y  $-\gamma$  con respecto a la dirección de carga dominante, donde  $\gamma$  está entre 87 y 92 grados. Estas fibras, en lo sucesivo denominadas fibras 140  $\gamma$ , proporcionan resistencia y rigidez transversal y también aumentan la resistencia al rodamiento. En algunas realizaciones,  $\gamma=90$  grados.

- 50 En la placa 110 de la Figura 1B, las fibras  $\beta$  se usan en lugar de las fibras convencionales cruzadas 45 grados. El solicitante ha descubierto que el ángulo  $\beta$  entre 15 y 35 grados proporciona una resistencia al corte marginalmente menor que las fibras de 45 grados, pero una resistencia longitudinal significativamente mayor que las fibras de 45 grados. El solicitante ha reconocido además que el número de capas de fibras  $\alpha$  puede reducirse sin comprometer la

resistencia y la rigidez longitudinales, y la tolerancia al daño con respecto a una dirección de carga dominante. La placa laminada  $\alpha/\beta/\gamma$  resultante es más delgada y liviana que una placa 0/45/90 convencional que tiene una resistencia y rigidez longitudinales y tolerancia al daño similares.

- 5 La supresión o el retraso de la división longitudinal de la capa (a lo largo del eje x) puede mejorarse aún más utilizando fibras  $\alpha$  orientadas en un ángulo  $\alpha$  entre 2 y 12 grados en lugar de 0 grados. En algunas realizaciones, el rango para el ángulo  $\alpha$  está entre 3 y 5 grados. El ángulo de las fibras  $\alpha$  también puede ser confuso (es decir, las fibras  $\alpha$  pueden orientarse en ángulos ligeramente diferentes para lograr un ángulo  $\alpha$  promedio). Por ejemplo, un ángulo promedio de 0 grados puede obtenerse por algunas capas de fibras  $\alpha$  orientadas a +5 grados y algunas capas de fibras  $\alpha$  orientadas a -5 grados.
- 10 Se hace referencia a la Figura 2, la cual ilustra el efecto de diferentes ángulos de fibra en la resistencia total de una placa laminada. Se indican diferentes valores de ángulos de fibra, a partir de 0 grados a 90 grados, en el eje horizontal, y la resistencia de la placa se indica en el eje vertical. En general, la resistencia longitudinal se reduce de forma no lineal a medida que aumenta el ángulo de la fibra. El corte, por otro lado, aumenta de forma no lineal a medida que el ángulo de la fibra aumenta a 45 grados, y luego disminuye de forma no lineal a medida que el ángulo de la fibra aumenta adicionalmente. Cuando el ángulo de la fibra se reduce de 45 grados convencionales a 35 grados, hay una reducción en el corte de solo aproximadamente un 5 por ciento, pero un aumento en la resistencia longitudinal de aproximadamente un 30 por ciento. A medida que el ángulo de la fibra se reduce aún más hacia 15 grados, esta compensación continúa, por lo que la reducción porcentual en el corte es menor que la reducción porcentual en la resistencia longitudinal.
- 15 Las Figuras 3 y 4 ilustran los resultados generales de las pruebas realizadas por el solicitante. Cada prueba se realizó en un conjunto de cupones compuestos que tenían fibras  $\alpha$  orientadas a  $\alpha=5$  grados, fibras  $\gamma$  orientadas a  $\gamma=90$  grados y fibras  $\beta$  que variaban entre 15 y 45 grados. En las Figuras 3 y 4, el eje horizontal indica los diferentes cupones  $\alpha/\beta/\gamma$  a medida que  $\beta$  aumenta de 15 a 45 grados, y el eje vertical indica resistencia longitudinal.
- 20 La Figura 3 ilustra los resultados generales de una prueba de tensión de muesca grande en un conjunto de cupones compuestos. Las pruebas de tensión de muesca grande simulan un gran daño penetrante que rompe las fibras de refuerzo. Estas pruebas proporcionan información sobre la resistencia longitudinal de un cupón dañado. El cuadrado negro indica la resistencia de un cupón que tiene la orientación convencional de fibra 0/45/90. Los porcentajes relativos de fibra son 50% de las fibras de 0 grados, 40% de las fibras de  $\pm 45$  grados y 10% de las fibras de 90 grados (es decir, 50/40/10%). Sin embargo, se produjo la división de capas para este cupón.
- 25 Para impedir la división de las capas, la proporción de fibras para el cupón 0/45/90 se cambió a 30/60/10%. Los resultados de la prueba para el cupón 0/45/90 se indican con un círculo negro. Aunque se impidió la división de capas, se redujo la resistencia longitudinal.
- 30 Se realizaron entonces pruebas de tensión de muesca grande en diferentes cupones que tenían fibras  $\beta$  entre 15 y 40 grados. Además, esos cupones tenían un mayor porcentaje de fibras  $\beta$  que las fibras  $\alpha$  (es decir, laminados "blandos"). Los resultados generales de esas pruebas en los cupones de laminado blando  $\alpha/\beta/\gamma$  se indican mediante círculos abiertos. Esos resultados indican que los cupones tenían una mayor resistencia longitudinal que el cupón de laminado blando 0/45/90, pero no el cupón de laminado duro 0/45/90.
- 35 Se realizaron pruebas de tensión de muesca grande en diversos cupones que tienen un mayor porcentaje de fibras  $\alpha$  que fibras  $\beta$  (es decir, laminados "duros"). Los resultados generales de esas pruebas en los cupones de laminado duro  $\alpha/\beta/\gamma$  se indican mediante cuadros abiertos. Esos resultados indican que los cupones que tienen  $\beta$  entre 15 y 35 grados tenían una mayor resistencia longitudinal que el cupón de laminado duro 0/45/90. Por alguna razón, la resistencia longitudinal de un cupón de laminado duro  $\alpha/\beta/\gamma$  fue mayor a  $\beta=25$  grados.
- 40 Estas pruebas indican que el número de capas de un laminado duro 5/25/90 puede reducirse para proporcionar la misma resistencia longitudinal que un laminado duro 0/45/90. Sin embargo, debido a que el laminado duro 5/25/90 tiene menos capas que el laminado duro 0/45/90, es más delgado y liviano. Además, el laminado duro 5/25/90 tiene una mayor tolerancia al daño con respecto a la división de capas.
- 45 Se hace ahora referencia a la Figura 4, la cual ilustra los resultados generales de las pruebas de tensión de agujeros rellenos. Se puede crear un agujero relleno en un cupón, por ejemplo, perforando un agujero perforado en el cupón e insertando un perno a través del agujero de perforación. A medida que se perfora el agujero, se cortan las fibras de refuerzo, pero el cupón no se considera dañado. Por lo tanto, esta prueba proporciona información sobre la resistencia longitudinal de un cupón sin daños.
- 50 Los laminados duros (que se representan por las cajas abiertas y negras) tienen una mayor resistencia longitudinal que los laminados blandos (que se representan por los círculos abiertos y negros). Además, un laminado duro con fibras  $\beta$  orientadas a  $\beta=20$  grados tiene una resistencia longitudinal similar a un laminado duro 0/45/90 convencional (que se representan por la caja negra).
- 55

Se hace ahora referencia a la Figura 5, la cual ilustra un método de fabricación de una placa laminada. En el bloque 510, se forma una pila de capas. La pila incluye capas de fibras  $\alpha$ , capas de fibras  $\beta$  y capas de fibras  $\gamma$ . Las fibras de refuerzo pueden impregnarse con resina antes o después de la colocación.

Las capas de estas fibras de refuerzo pueden depositarse sobre una herramienta de colocación (por ejemplo, una herramienta de mandril o molde). En algunas realizaciones, cada capa puede ser una cinta unidireccional con fibras orientadas en una sola dirección. En otras realizaciones, cada capa puede ser un tejido de fibras orientadas en más de una dirección. Por ejemplo, un tejido puede tener algunas fibras orientadas a  $+\alpha$  y otras orientadas a  $-\alpha$ . En aún otras formas de realización, los “cartuchos” pueden incluir capas pre empaquetadas que tengan la orientación correcta de la fibra (por ejemplo,  $+\alpha$  y  $-\alpha$ ) con respecto al eje x.

Los ejes 1 de las capas se pueden alinear con el eje x de la placa laminada. Es decir, los ejes 1 pueden estar alineados con una dirección de carga dominante.

En el bloque 520, la pila de capas se cura para producir una placa laminada compuesta. En el bloque 530, la placa laminada se maquina opcionalmente. Por ejemplo, se pueden perforar o cortar agujeros de fijación u otros tipos de aberturas en la placa laminada. Las fibras  $\beta$  suprimen o retrasan la división longitudinal en estos agujeros. La división de la capa se puede suprimir o retrasar adicionalmente mediante fibras  $\alpha$  orientadas en un ángulo  $\alpha$  entre 2 y 12 grados.

Se hace referencia a la Figura 6, la cual ilustra un ejemplo de una pila 610 de capas que tiene la siguiente disposición de capas:  $[\beta, \gamma, -\beta, \alpha, \alpha, \beta, -\alpha, -\alpha, -\beta, \alpha, \alpha, \beta, -\alpha, -\alpha, -\beta, \alpha, \alpha]_s$ , donde el término “s” representa la simetría. Es decir, las capas sobre un plano medio de la placa laminada pueden ser una imagen de espejo de las que están debajo del plano medio.

El propósito de este ejemplo es simplemente ilustrar que cada capa contiene fibras con la misma orientación de fibra, y que diferentes capas tienen diferentes orientaciones de fibra. En este ejemplo particular, la distribución de fibras es 60% de fibras  $\alpha$ , 30% de fibras  $\beta$  y 10% de fibras  $\gamma$  (es decir 60/30/10%). Otros ejemplos pueden tener otras disposiciones de capas y otros porcentajes relativos de fibras.

Se hace ahora referencia a la Figura 8. Una placa laminada en este documento puede usarse en una estructura que tiene una dirección de carga dominante. Un ejemplo de dicha estructura es una viga alargada que tiene una dirección de carga dominante a lo largo de su eje longitudinal. En algunas realizaciones, la viga incluye una banda 810, al menos una brida 820 y al menos una tapa 830 compuesta. La banda 810 y la(s) brida(s) 820 pueden estar hechas de metal o material compuesto. Al menos una tapa 830 incluye fibras  $\alpha$  y fibras  $\beta$  orientadas con respecto a la dirección de carga dominante de la viga. Una tapa 830 también puede incluir fibras  $\gamma$ .

Estas realizaciones no están limitadas a ninguna geometría particular. Los ejemplos de geometrías de viga incluyen, pero no se limitan a, marcos de sombrero, canales en C, vigas en Z, vigas en J, vigas en T y vigas en I, y vigas rígidas de hoja. En la Figura 8, se ilustran un marco 800a de sombrero, una viga 800b en Z y un canal 800c en C.

En otras realizaciones, la viga es una viga de caja que incluye una subestructura de refuerzo en forma de caja y una o más placas compuestas laminadas que cubren el marco. Una o más de las placas incluyen fibras  $\alpha$  y fibras  $\beta$  orientadas con respecto a una dirección de carga dominante de la viga de la caja.

Se hace ahora referencia a la Figura 7, la cual ilustra un ala 700 de aeronave que incluye una caja 710 de ala (la cual es un tipo de viga de caja), un borde 720 de ataque y un borde 730 de salida. La caja 710 de ala incluye una subestructura de refuerzo de largueros 712 (por ejemplo, un larguero frontal y un larguero posterior) y cuadernas 714. Los largueros 712 se extienden en una dirección transversal, y las cuadernas 714 se extienden entre los largueros 712 en una dirección de la cuerda. La caja 710 de ala puede tener una configuración de múltiples largueros o múltiples cuadernas. La configuración de múltiples cuadernas se prefiere para aeronaves comerciales que tienen relaciones de aspecto de ala larga.

La caja 710 de ala incluye además un revestimiento 716 compuesto que cubre los largueros 712 y las cuadernas 714. El revestimiento 716 puede incluir el revestimiento 716a superior y el revestimiento 716b inferior.

Durante la operación, el ala está sujeta a cargas de flexión y cargas de torsión. Por ejemplo, las ráfagas de viento u otras cargas pesadas pueden forzar al ala 700 a doblarse hacia arriba, colocando así el revestimiento 716a superior en compresión longitudinal y el revestimiento 716b inferior en tensión longitudinal. Las cargas de flexión son dominantes. Para manejar las cargas longitudinales, cada revestimiento 716a y 716b está compuesto de una o más placas laminadas compuestas que incluyen fibras  $\alpha$  y fibras  $\beta$  orientadas con respecto a la dirección de carga dominante. Las fibras  $\alpha$  proporcionan resistencia a la flexión, ya que soportan la mayor parte de la carga longitudinal.

Las fibras  $\beta$  suprimen la división longitudinal del revestimiento que de otro modo ocurriría cuando el revestimiento 716 incurre en un gran daño penetrante y las fibras se rompen. Las fibras  $\beta$  también pueden aumentar la resistencia al corte, la resistencia a la torsión y la rigidez a la flexión.

- Como las fibras  $\beta$  también transportan parte de la carga longitudinal, el número de capas de fibras  $\alpha$  puede reducirse sin comprometer la resistencia a la flexión, la rigidez a la flexión y la tolerancia al daño en relación con un laminado duro convencional 0/45/90. Al reducir el número de capas de fibras  $\alpha$ , se reduce el calibre y el peso del revestimiento 716. El uso de dicho revestimiento 716 en lugar de las placas convencionales 0/45/90 puede resultar en una reducción de peso de miles de libras. La reducción de peso es altamente deseable, ya que reduce los costes de combustible y otros costes operativos de la aeronave.
- En algunas realizaciones, el revestimiento 716 puede estar ligeramente desequilibrado. En algunas realizaciones, el revestimiento puede ser ligeramente no simétrico.
- La subestructura de refuerzo de la caja 710 de ala puede incluir además travesaños 718 que realizan funciones que incluyen, pero no se limitan a, endurecer el revestimiento 716. Los travesaños 718 también pueden extenderse en una dirección transversal.
- Los largueros 712, las cuadernas 714 y los travesaños 718 pueden estar hechos de metal o materiales compuestos equilibrados. Los travesaños 718 pueden configurarse como vigas que tienen tapas, bridas y bandas. Las tapas pueden estar hechas de placas de material compuesto que incluyen fibras  $\alpha$ , fibras  $\beta$  y fibras  $\gamma$  orientadas con respecto al eje longitudinal de sus travesaños 718.
- Para las realizaciones en las cuales los travesaños 718 pueden estar hechos de material compuesto, los travesaños 718 pueden formarse integralmente con el revestimiento 716. Durante la formación del apilamiento de capas, las fibras de refuerzo para los travesaños 718 pueden depositarse en fibras de refuerzo para el revestimiento 716.
- Los largueros 712 pueden incluir tapas hechas de material compuesto que tienen capas de fibras  $\alpha$ , fibras  $\beta$  y fibras  $\gamma$ . Las cuadernas 714 pueden incluir cuerdas hechas de material compuesto que tienen capas de fibras  $\alpha$ , fibras  $\beta$  y fibras  $\gamma$ .
- La divulgación comprende además construcciones como se expone a continuación:
- se divulga una placa laminada compuesta que comprende una primera pluralidad de capas de fibras de refuerzo para resistencia longitudinal con respecto a una dirección de carga dominante, y una segunda pluralidad de fibras de refuerzo orientadas en diferentes ángulos alrededor de los ángulos  $\pm\beta$  promedio con respecto a la dirección de carga dominante, donde  $\beta$  está entre 15 y 35 grados.
- $\beta$  es de aproximadamente 25 grados. Los ángulos de las fibras  $\beta$  pueden ser confusos. La primera pluralidad de capas de fibras de refuerzo puede orientarse en ángulos  $\pm\alpha$  con respecto a la dirección de carga dominante, donde  $\alpha$  está entre 2 y 12 grados. Los ángulos de las fibras  $\alpha$  pueden ser confusos.
- La placa puede comprender además una tercera pluralidad de capas de fibras de refuerzo orientadas en un ángulo  $\gamma$  con respecto a la dirección de carga dominante, donde  $\gamma$  está entre 87 y 92 grados.
- La placa puede comprender además una matriz, en donde las fibras están incrustadas en la matriz.
- La matriz puede ser una matriz plástica, y en donde las fibras pueden incluir fibras de carbono incrustadas en la matriz plástica.
- Se puede usar un mayor porcentaje de fibras en la primera pluralidad que en la segunda pluralidad.
- También se divulga una estructura que tiene una dirección de carga dominante, la estructura que comprende una placa compuesta laminada que incluye una pluralidad de capas de fibras  $\alpha$  orientadas en ángulos  $+\alpha$  y  $-\alpha$  con respecto a un eje  $x$ ; y una pluralidad de capas de fibras  $\beta$  orientadas en ángulos  $+\beta$  y  $-\beta$  con respecto al eje  $x$ , donde  $\beta$  está entre 15 y 35 grados, y donde  $\alpha$  es 0 grados o entre 2 y 12 grados.
- La estructura puede comprender además una subestructura de refuerzo de viga de caja sujeta a flexión que crea fuerzas longitudinales a lo largo del eje  $x$ ; en donde la placa está unida a la subestructura de refuerzo.
- La estructura puede comprender además una viga que incluye una banda y una brida; en donde la placa está unida a la brida como una tapa.
- También se divulga una viga de caja que comprende una subestructura de refuerzo; una primera placa laminada que cubre un lado de la subestructura; y una segunda placa laminada que cubre un lado opuesto de la subestructura, cada placa incluye una primera pluralidad de fibras de refuerzo orientadas en un ángulo entre 15 y 35 grados con respecto a un eje longitudinal de la subestructura.
- Cada placa puede incluir además una segunda pluralidad de fibras de refuerzo orientadas en un ángulo entre 2 y 12 grados con respecto al eje longitudinal de la subestructura.
- Se puede usar un mayor porcentaje de fibras en la segunda pluralidad que en la primera pluralidad.

También se divulga un método para formar una placa que tiene un eje x, el método comprende formar una pila de capas que incluye una primera pluralidad de fibras de refuerzo orientadas en un ángulo  $\pm\alpha$  con respecto al eje x, y una segunda pluralidad de fibras de refuerzo orientadas en un ángulo  $\pm\beta$  con respecto al eje x, donde  $\beta$  está entre 15 y 35 grados, y  $\alpha$  es 0 grados o entre 2 y 12 grados.

- 5 El método puede comprender además colocar una tercera pluralidad de fibras en un ángulo de  $\gamma$  con respecto al eje x, donde  $\gamma$  está entre 87 y 92 grados.

El método puede comprender además colocar refuerzos integrales en la pila de capas.

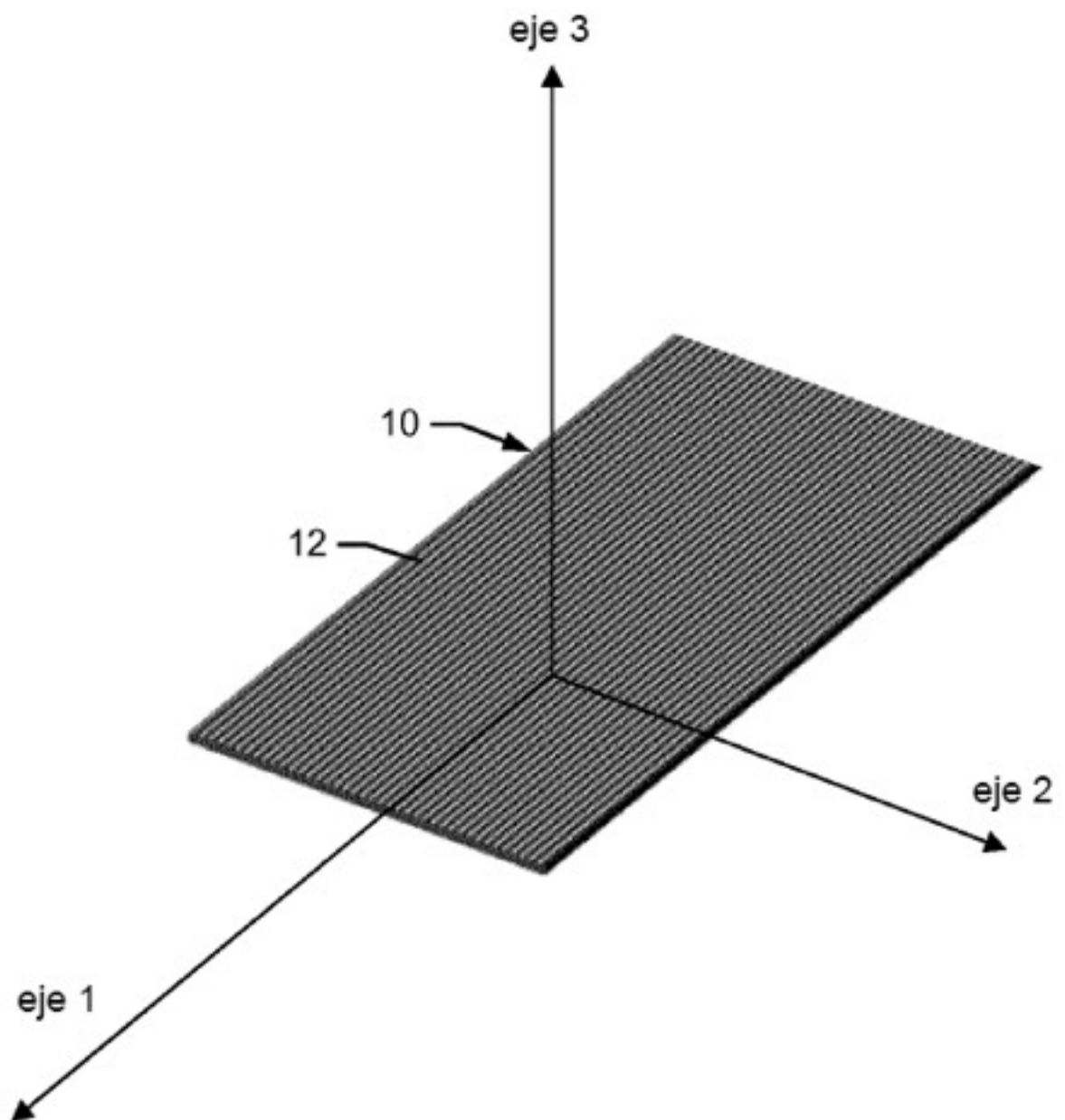
El método puede comprender además incrustar las fibras en una resina y curar la pila de capas.

El método puede comprender además cortar fibras en la pila de capas curadas.

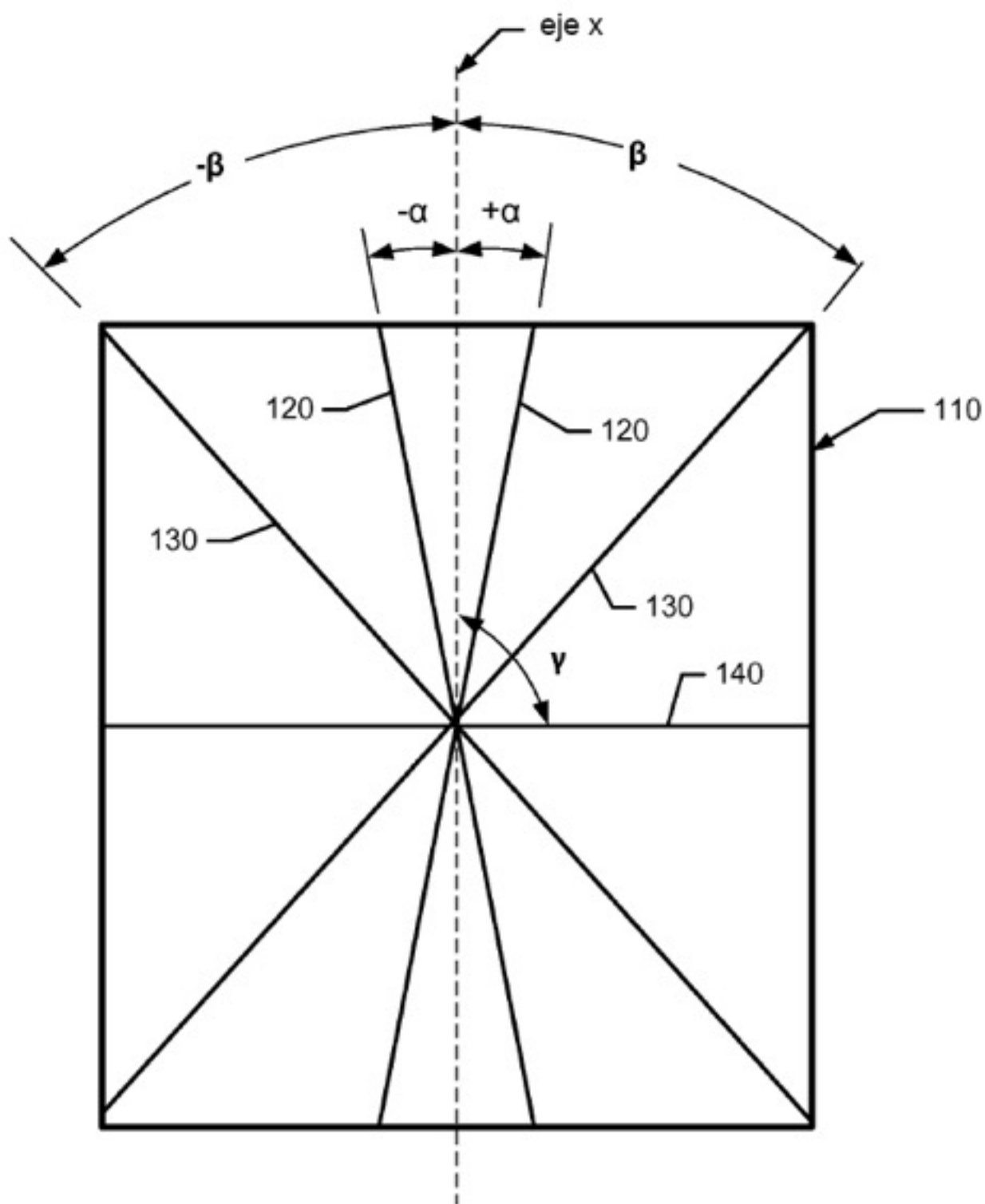
# REIVINDICACIONES

1. Una placa (110) laminada compuesta que comprende una primera pluralidad de capas (10) de fibras (12) de refuerzo para resistencia longitudinal con respecto a una dirección de carga dominante, y una segunda pluralidad de fibras (12) de refuerzo orientadas en diferentes ángulos alrededor ángulos  $\pm\beta$  promedio con respecto a la dirección de carga dominante, donde  $\beta$  está entre 15 y 35 grados.
2. La placa (110) de la reivindicación 1, en donde  $\beta$  es 25 grados.
3. La placa (110) de cualquier reivindicación precedente, en donde la primera pluralidad de capas (10) de fibras (12) de refuerzo están orientadas en ángulos  $\pm\alpha$  con respecto a la dirección de carga dominante, donde  $\alpha$  está entre 2 y 12 grados.
4. La placa (110) de la reivindicación 3, en donde las fibras  $\alpha$  están orientadas en diferentes ángulos alrededor de un ángulo  $\alpha$  promedio.
5. La placa (110) de cualquier reivindicación precedente, que comprende además una tercera pluralidad de capas (10) de fibras (12) de refuerzo orientadas en un ángulo  $\gamma$  con respecto a la dirección de carga dominante, donde  $\gamma$  está entre 87 y 92 grados.
6. La placa (110) de cualquier reivindicación precedente, que comprende además una matriz, en donde las fibras (12) están incrustadas en la matriz.
7. La placa (110) de la reivindicación 6, en donde la matriz es una matriz plástica, y en donde las fibras (12) incluyen fibras (12) de carbono incrustadas en la matriz plástica.
8. La placa (110) de cualquier reivindicación precedente, en donde se usa un mayor porcentaje de fibras en la primera pluralidad que en la segunda pluralidad.
9. Un método para formar una placa (110) que tiene un eje x, comprendiendo el método formar una pila de capas que incluye una primera pluralidad de fibras (12) de refuerzo orientadas en un ángulo  $\pm\alpha$  con respecto al eje x, y una segunda pluralidad de fibras (12) de refuerzo orientadas en diferentes ángulos alrededor de un ángulo  $\pm\beta$  promedio con respecto al eje x, donde  $\beta$  está entre 15 y 35 grados, y  $\alpha$  es 0 grados o entre 2 y 12 grados.
10. El método de la reivindicación 7, que comprende además colocar una tercera pluralidad de fibras (12) en un ángulo de  $\gamma$  con respecto al eje x, donde  $\gamma$  está entre 87 y 92 grados.
11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9-10, que comprende además colocar refuerzos integrales en la pila (610) de capas.
12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9-11, que comprende además incrustar las fibras (12) en una resina y curar la pila (610) de capas.
13. El método de la reivindicación 12, que comprende además cortar fibras (12) en la pila (610) de capas curadas.

*FIG. 1A*



*FIG. 1B*



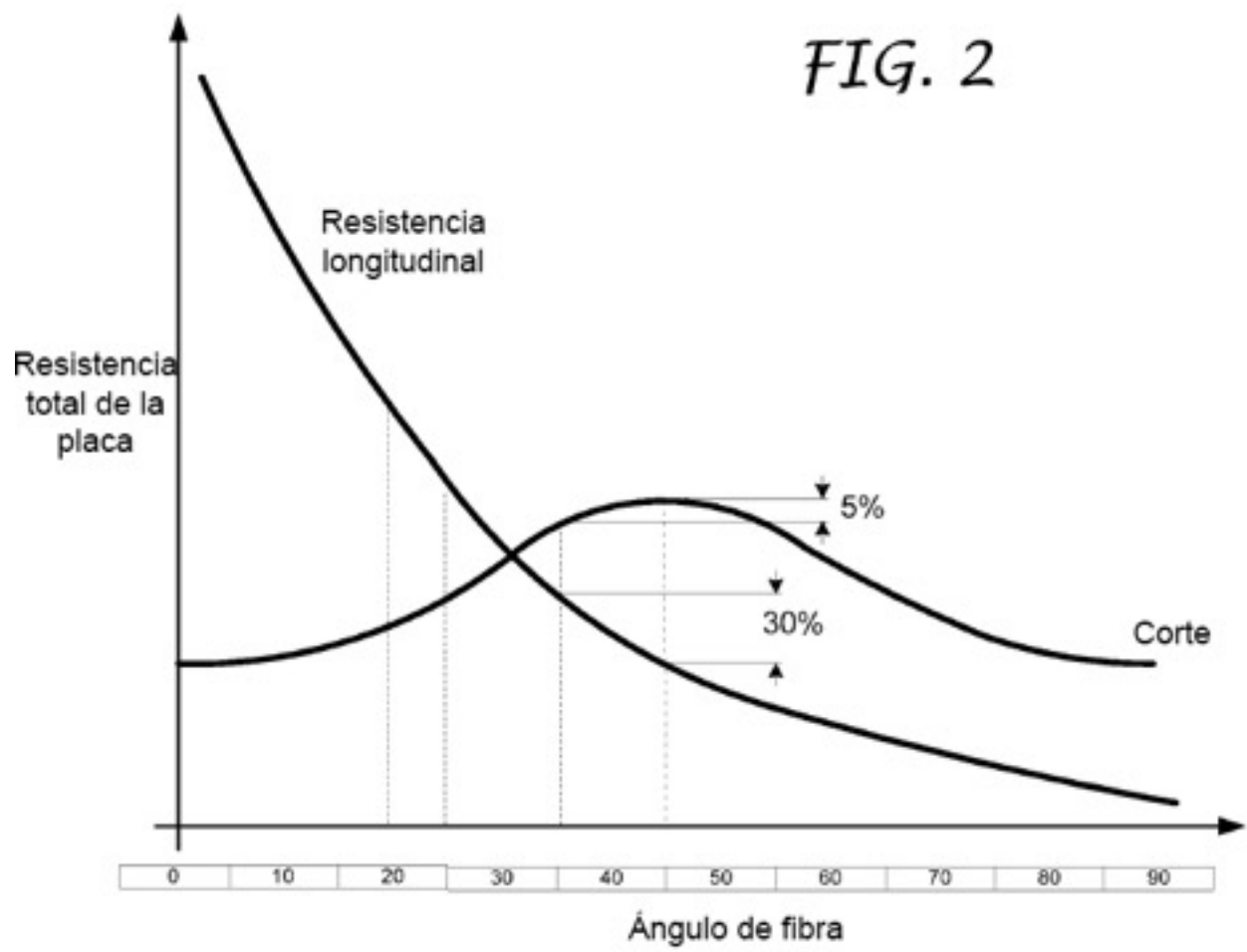
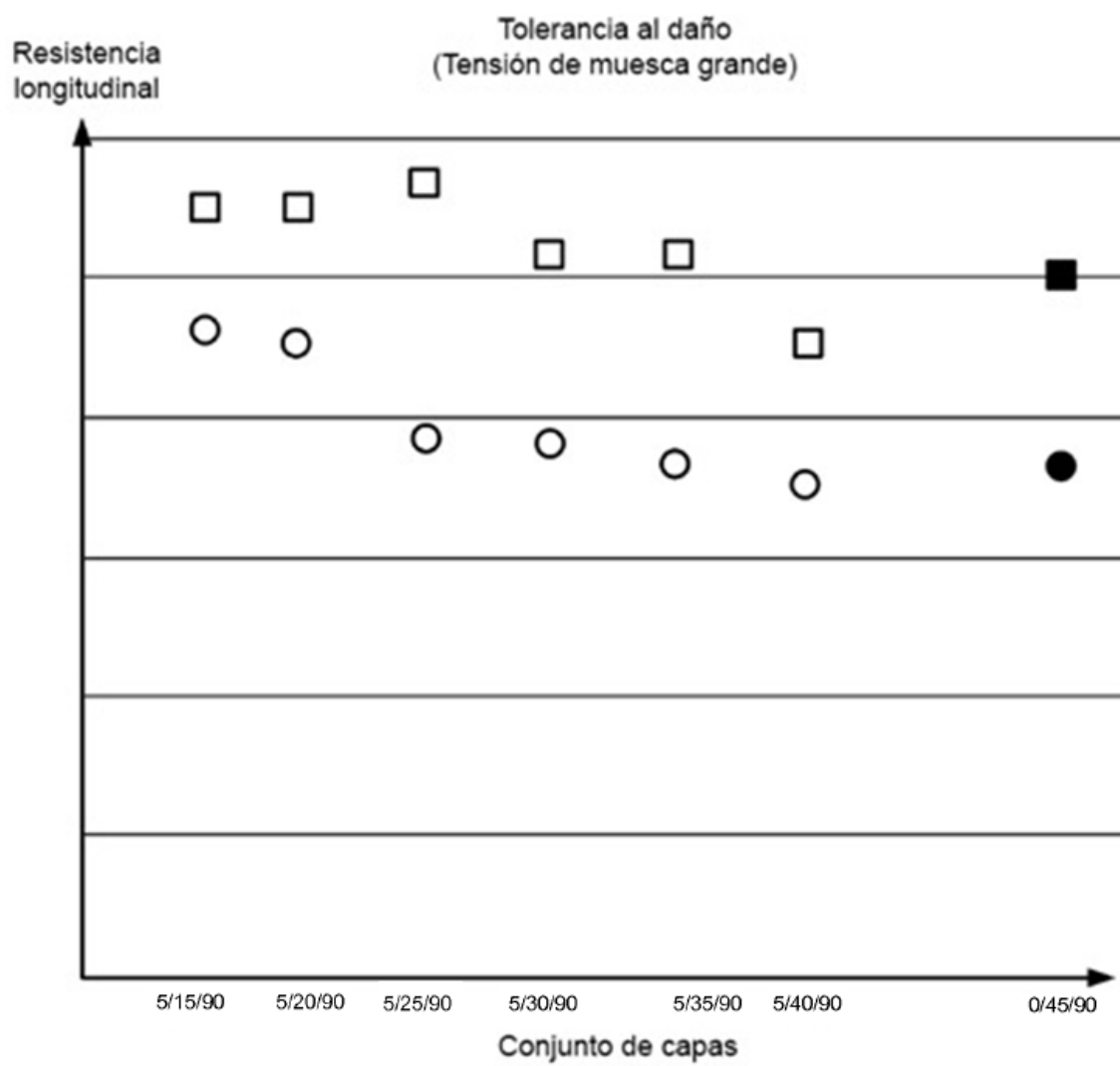
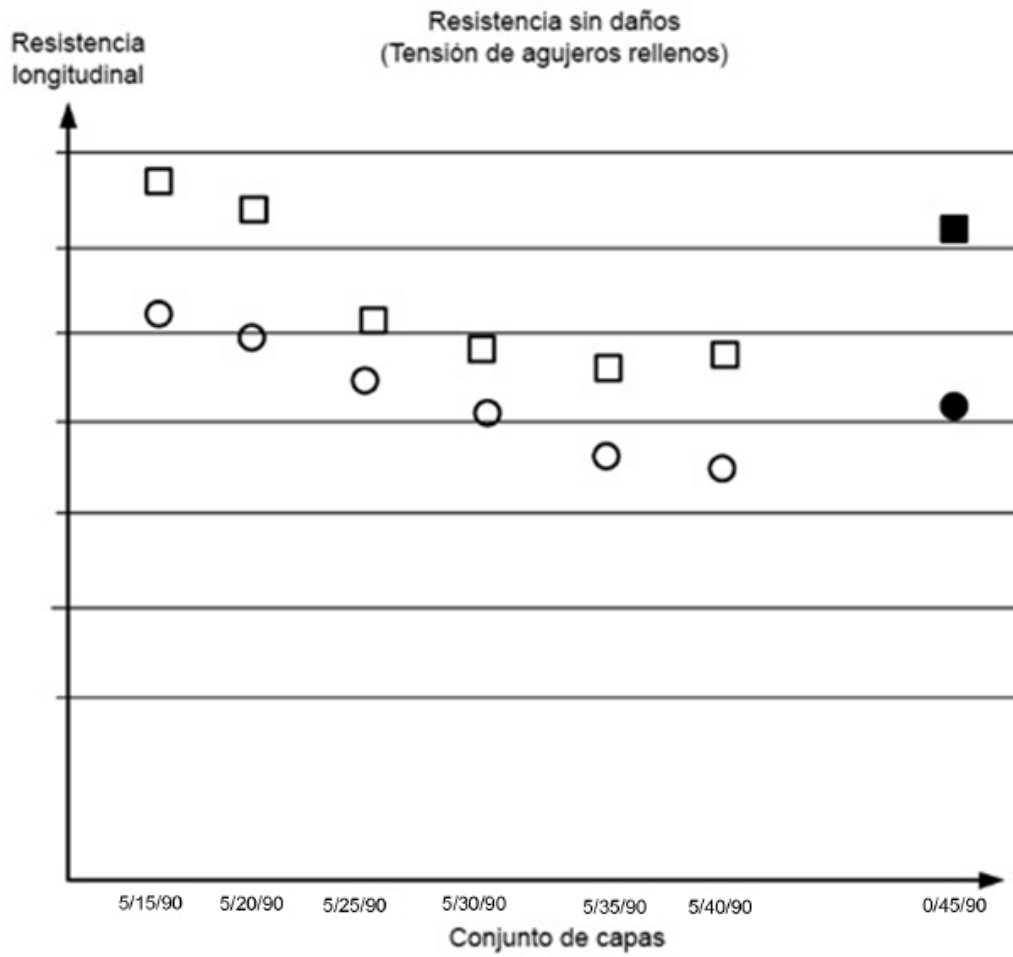


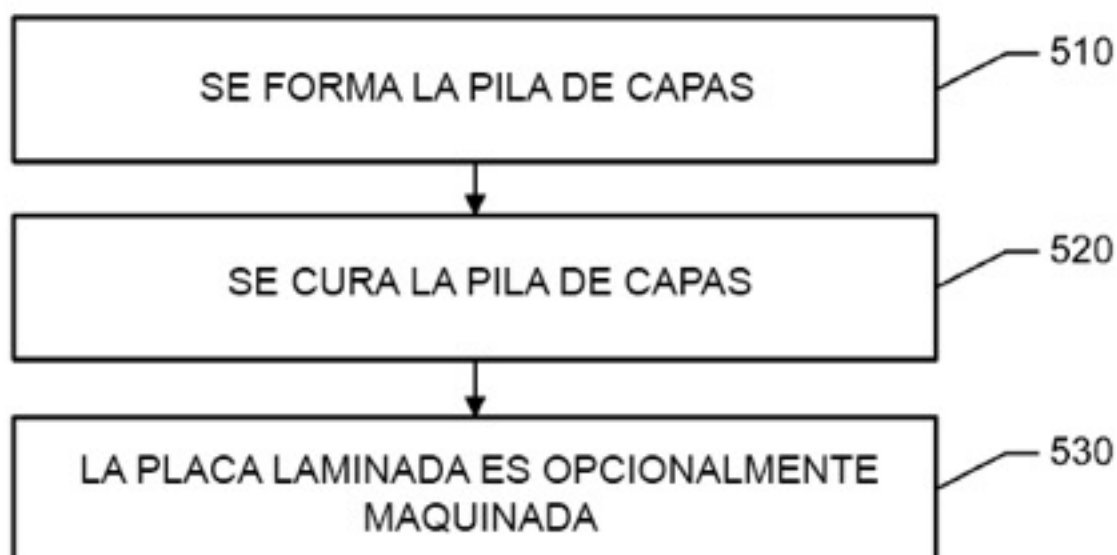
FIG. 3



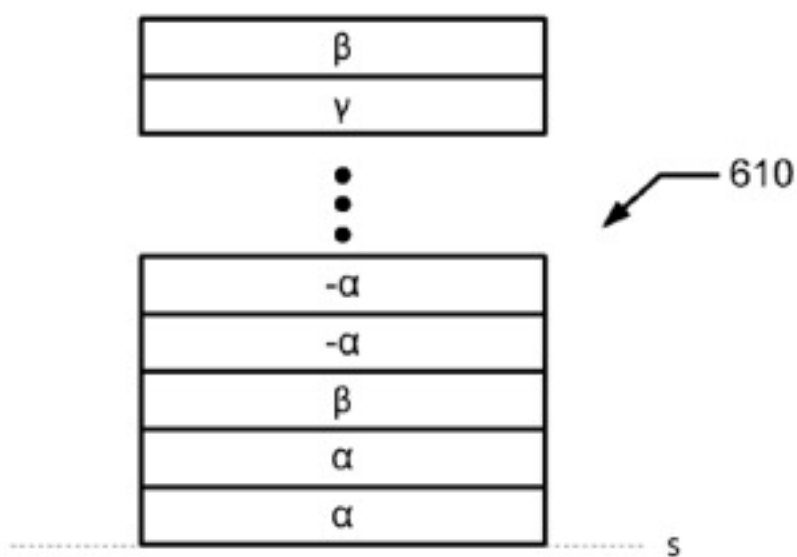
*FIG. 4*



*FIG. 5*



*FIG. 6*



*FIG. 7*

