

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

ES

(11) NUMERO
(21) 457.747
(22) FECHA DE PRESENTACION
13-4-1977

(10) A 1

PATENTE DE INVENCION

P.- 65.552  
N-10548-SP

(30) PRIORIDADES: (31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
676.856	14-4-76	E.U.A.

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	B60K	

(54) TITULO DE LA INVENCION
"PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UN ARBOL MOTOR TUBULAR"

(71) SOLICITANTE (S)
UNION CARBIDE CORPORATION

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
270 Park Avenue, Nueva York, Nueva York, 10017, Estados Unidos de América

(72) INVENTOR (ES)
Gordon Peter Worgan y Derek Reginald Smith

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE
DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.  
20 JUL. 1978 TGG.

UTILICESE COMO PRIMERA PAGINA DE LA MEMORIA

POOR QUALITY

1 Este invento se refiere a árboles motrices mejora-  
dos. Más particularmente, este invento se refiere a árbo-  
les motrices de peso ligero que tienen características  
amortiguadoras del ruido y la vibración.

5 La función de un árbol motriz es transmitir el  
momento de torsión de una fuente de energía a medios para  
convertir esta energía en trabajo útil. En el caso de au-  
tomóviles convencionales, y otros vehículos, el árbol mo-  
triz transmite el momento de torsión desde la transmisión  
10 al diferencial en el que se convierte en la fuerza motriz  
para las ruedas traseras del vehículo.

Convencionalmente, los árboles motrices de automó-  
viles están contruidos de acero, o un material denso si-  
milar, y tienen un diámetro y espesor que les permite sa-  
tisfacer la capacidad que lleva el momento de torsión re-  
15 querido. Sin embargo, no solamente son indeseablemente pe-  
sados dichos árboles convencionales, sino que además, tie-  
nen una rigidez longitudinal elevada, por ejemplo un módu-  
lo de Young longitudinal de elasticidad de aproximadamente  
20  $210 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ . El peso excesivo de dichos árboles au-  
menta significativamente el coste de producción y rodaje  
del vehículo, mientras que la elevada rigidez de estos  
árboles causa vibraciones laterales originadas en el mo-  
tor y la transmisión y que son fácilmente transmitidas al  
25 diferencial cuando el motor está funcionando a elevada ve-  
locidad, dando como resultado un ruido considerable en los  
cojinetes del diferencial. Este problema del ruido es par-  
ticularmente predominante en los coches más pequeños que  
tienen motores más pequeños y que están contruidos para  
30 proporcionar un mayor número de revoluciones del cigueñal

1 por minuto que los coches mayores con motores mayores. Con  
la tendencia creciente a coches más pequeños y a la conser-  
vación de la energía, este problema ha aumentado mucho en  
5 importancia. Aunque el problema de las vibraciones transmi-  
tidas al diferencial por el árbol motriz puede superarse  
en algún grado por el empleo de juntas universales en el  
árbol, esta solución añade un peso adicional al coche, u  
otro vehículo, y aumenta además el coste y gasto de produc-  
ción y rodaje del vehículo.

10 Otro problema asociado a los árboles motrices de  
automóviles convencionales es que algunas veces se salen  
de recorrido cuando giran, es decir, experimentan una dis-  
torsi3n disimétrica, originando un ruido descrito en la  
industria automovilística como "boom" de elevada veloci-  
15 dad. La tendencia a salirse del recorrido puede reducirse  
aumentando el espesor de las paredes del árbol, pero otra  
vez de nuevo solo a espensas de añadir más peso y coste  
al vehículo. Además, el espesor de paredes mayores aumen-  
ta además la rigidez longitudinal del árbol, y esto ampli-  
20 fica el problema del ruido en los cojinetes del diferen-  
cial.

Los árboles motrices hechos de cuerpos compuestos  
de material filamentosos, tales como fibras de boro o car-  
bono, encajadas en una matriz de resina sólida han sido  
25 propuestos como medios rotatorios para las aspas de los  
helicópteros. En todos los árboles, una mayoría de las fi-  
bras empleadas han sido dispuestas siempre paralelas al  
eje del árbol con el fin de impartir una rigidez máxima  
al árbol para permitirle resistir las fuerzas laterales  
elevadas a las que están sometidos dichos árboles, y nin-  
30

1 guño de estos árboles han sido diseñados para superar los  
problemas de ruido y vibración asociados a la transferen-  
cia del momento de torsión desde el motor y la transmisión  
al diferencial en coches de motores pequeños de elevada  
5 velocidad.

De acuerdo con el presente invento, se ha descu-  
bierto que los árboles motrices tubulares de peso ligero  
que tienen características amortiguadoras del ruido y la  
vibración, y capaces de funcionar a elevadas velocidades  
10 sin una desalineación significativa entre sus ejes geomé-  
tricos y sus ejes de rotación, pueden prepararse formando  
dichos árboles de modo que sus paredes son un cuerpo com-  
puesto de una pluralidad de capas de fibras de carbono en  
una matriz de resina sólida en la que las fibras están  
15 dispuestas circunferencial y helicoidalmente alrededor  
del eje longitudinal del árbol. En dichos árboles, las  
fibras en las capas más externas y más internas están dis-  
puestas sustancialmente de modo circunferencial alrededor  
del eje longitudinal del árbol formando un ángulo de 85°  
20 a 90° con una línea en el árbol paralela al eje longitu-  
dinal, y las fibras de al menos cuatro capas intermedias  
entre las capas más internas y más externas están dispues-  
tas helicoidalmente alrededor del eje longitudinal forman-  
do un ángulo de 15° a 50° con una línea en el árbol para-  
25 lela al eje longitudinal del árbol. Estas capas helicoida-  
les están situadas de modo que sus fibras se cruzan con  
las fibras de la capa helicoidal previa formando un ángu-  
lo de 30° a 90° (el más pequeño de los dos ángulos forma-  
dos por la intersección de las dos capas de fibras es de  
30° a 90°). Los árboles diseñados de esta forma se han  
30

1 encontrado que presentan características amortiguadoras  
del ruido y la vibración superiores, y son capaces de tra-  
bajar a velocidad de al menos 6000 rpm, hasta 8000 rpm, o  
mayores, sin una desalineación significativa entre sus ejes  
5 geométricos y sus ejes de rotación. Dicha desalineación,  
conocida como "vibración lateral", se ha encontrado que  
ocurre en árboles compuestos cuando están sometidos a ro-  
tación a velocidades elevadas en los que las fuerzas cen-  
trífugas creadas tienden a superar las fuerzas debidas a  
10 la rigidez. La desviación lateral de los árboles origina-  
da por esta rotación a elevada velocidad da como resultado  
una pérdida sustancial de energía y aumenta el desgaste de  
los cojinetes.

15 El dibujo muestra una vista en perspectiva y en  
corte seccional de una parte de un árbol motriz compuesto  
de fibras de carbono en la que, para mayor claridad, sola-  
mente está ilustrada una parte de las fibras de carbono  
presentes. El árbol mostrado está formado de ocho capas  
de longitudes continuas impregnadas con resina de fibras  
20 de carbono dispuestas circunferencial y helicoidalmente  
alrededor del eje longitudinal del árbol. Las fibras de  
las capas más internas y más externas están dispuestas sus-  
tancialmente de modo circunferencial alrededor del eje  
longitudinal formando un ángulo de aproximadamente  $87^\circ$  con  
25 una línea en el árbol paralela al eje longitudinal del  
árbol. Entre estas dos capas sustancialmente circunferen-  
ciales están seis capas intermedias en las que las fibras  
están dispuestas helicoidalmente alrededor del eje longi-  
tudinal formando un ángulo de aproximadamente  $22,5^\circ$  con  
30 una línea en el árbol paralela al eje longitudinal del

1 árbol, cruzándose las fibras de cada capa helicoidal suce-  
siva con las fibras de la capa helicoidal previa formando  
un ángulo de aproximadamente 45° (el más pequeño de los  
dos ángulos formados por la intersección de las dos capas  
5 de fibras es aproximadamente 45°).

Los árboles motrices del presente invento están  
construidos generalmente de modo que sean capaces de sumi-  
nistrar cargas de torsión de hasta 16272 julios, por ejem-  
plo, desde aproximadamente 1085 julios hasta 16272 julios.  
10 Con el fin de obtener dicha capacidad de torsión con árbo-  
les que tienen una longitud y diámetro adecuado para empleo  
en los automóviles más convencionales, es decir, 102 cm-  
127 cm de longitud y 5 cm - 8 cm de diámetro interno, las  
paredes del árbol deben ser al menos de 0,15 cm de espe-  
15 sor, y las fibras de carbono empleadas en el árbol deben  
tener un módulo de Young de elasticidad de al menos  $175 \times 10^4$   
 $\text{kg/cm}^2$ . Generalmente, las paredes del árbol son de  
0,20 a 0,64 cm de espesor y las fibras tienen un módulo  
mínimo de elasticidad de  $210 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ . Las fibras de  
20 carbono empleadas en el árbol pueden prepararse como se  
ha descrito en las patentes de EE.UU. 3.454.362 y 3.412.062,  
y en la patente del Reino Unido nº 1.416.614. El término  
"carbono" como se emplea en la presente memoria se entien-  
de que incluye tanto fibras gráficas como no gráficas.

25 Con el fin de mantener el ruido en un mínimo cuan-  
do el árbol se hace girar a velocidades por encima de 1000  
rpm hasta superiores a 6000 rpm (motores que trabajan a  
velocidades de cigueñal de 4000 rpm a 8000 rpm producen  
velocidades de 1000 rpm a 8000 rpm en el árbol motriz, de-  
pendiendo de la selección de la relación de engranaje en  
30

la transmisión), se ha encontrado que el producto del módulo de Young longitudinal del árbol por el segundo momento de superficie del árbol dividido por la longitud del árbol elevada a la cuarta potencia no excederá a 0,07, es decir, el valor de

$$\frac{EI}{L^4}$$

no debe ser mayor de 0,07, en el que

$E$  = módulo de Young longitudinal del árbol. ( $\text{kg/cm}^2$ )

$L$  = longitud del árbol (centímetros), y

$I$  = segundo momento de superficie del árbol (centímetros<sup>4</sup>), es decir,  $\pi r^3 t$  para árboles de paredes delgadas, en los que  $r$  es el radio medio del árbol (centímetros), y  $t$  es el espesor de las paredes del árbol (centímetros).

Para obtener un valor no mayor de 0,07 en la fórmula anterior, el árbol debe tener generalmente un módulo de Young máximo de  $56 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ , preferiblemente no mayor de  $42 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ . Se ha encontrado que los árboles con un módulo de Young mayor son perceptiblemente más ruidosos.

Con el fin de evitar el fenómeno de vibración lateral que ocurre cuando el árbol se hace girar a velocidades por encima de 1000 rpm hasta superiores a 6000 rpm, el valor obtenido antes debe ser al menos 40 veces mayor que el producto del diámetro medio del árbol por el espesor del árbol por la densidad medida de la pared del árbol, es decir el valor de,

$$\frac{EI}{L^4 D P t}$$

debe ser al menos 16, en el que

E, I y L son como se han definido antes,

D = diámetro medio del árbol (centímetros)

P = Densidad media de la pared del árbol ( $\text{kg/cm}^3$ ),

y

t = espesor de las paredes del árbol (centímetros)

Cuando el valor de la fórmula es de al menos 16, las fuerzas centrífugas creadas al girar son contrarrestadas por las fuerzas debidas a la rigidez, de modo que el árbol no experimenta el fenómeno de vibración lateral.

Cuando las fibras de carbono empleadas en los árboles motrices del presente invento tienen un módulo de Young de elasticidad de al menos  $175 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ , es posible eliminar completamente el empleo de fibras alineadas paralelas al eje longitudinal del árbol. Como resultado, la rigidez longitudinal excesiva que caracterizó los árboles motrices en el pasado, y que dió como resultado la transmisión de una vibración excesiva desde el motor y la transmisión al diferencial, ha sido eliminada, junto con los problemas de ruido asociados a esta rigidez excesiva que los fabricantes de automóviles han tratado inútilmente de eliminar. Sin embargo, cuando se emplean fibras que tienen un módulo de Young por debajo de  $175 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ , es necesario que del 10 al 20% en peso de las fibras estén dispuestas paralelas al eje longitudinal del árbol con el fin de impartir suficiente rigidez al árbol para evitar

1 que ocurra la vibración lateral. Asi, por ejemplo en árbo-  
les que contienen siete capas de fibras, una de las capas  
puede estar dispuesta longitudinalmente paralela al eje  
del árbol. En árboles que contienen diez capas de fibras,  
5 una o dos capas pueden estar dispuesta longitudinalmente  
paralela al eje del árbol.

Preferiblemente solo se emplean fibras de carbono  
en los árboles motrices del presente invento debido a su  
bajo peso y a su elevado módulo. Sin embargo, si se desea,  
10 pueden emplearse otros materiales filamentosos junto con  
fibras de carbono para formar un árbol híbrido. Estas fi-  
bras pueden mezclarse junto con las fibras de carbono en  
una o más de las capas individuales, o pueden emplearse  
solas en capas separadas, siempre que el peso total de  
15 dichas fibras no exceda el 80% del peso total de las fi-  
bras empleadas en el árbol. Generalmente están presentes  
en cantidades de 40% en peso al 65% en peso del peso to-  
tal de las fibras. Entre las fibras que pueden emplearse  
están las fibras de vidrio, de boro y orgánicas tales como  
20 fibras de poliamida vendidas con la marca registrada  
"Kevlar" 49. ("Kevlar" es una marca registrada de E.I.  
du Pont de Nemours and Co.). Para el mejor efecto de  
amortiguamiento del ruido, las capas de las fibras dis-  
puestas de modo circunferencial más exteriores y más inte-  
25 riores deben contener fibras de carbono.

Los árboles motrices del presente invento pueden  
fabricarse empleando técnicas de enrollado de vaina con-  
vencionales. Las longitudes de las fibras continuas, pre-  
feriblemente en forma de mechas, hilos o haces de fila-  
30 mentos, se impregnan con un aglutinante de resina adecua-

1 do, y las fibras impregnadas se enrollan en un mandril en  
la forma deseada. Para facilitar el enrollado, se prefiere  
que las fibras tengan una resistencia a la tracción de al  
5 menos 14000 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque se prefiere impregnar las fi-  
bras a medida que se aproximan al mandril, es posible for-  
mar primero un producto preimpregnado de las fibras y el  
aglutinante, y envolver a continuación el producto preim-  
pregnado alrededor del mandril. En cualquier caso, cada  
10 envoltura es colocada de modo que no quede espacio entre  
las vueltas que forman la envoltura, y de modo que cubran  
completamente la superficie que se deja sin superponer  
consigo mismo. Las envolturas circunferenciales que for-  
man las capas más internas y más externas del árbol se  
15 enrollan formando un ángulo de 85° a 90° con una línea en  
el mandril paralela al eje longitudinal del mandril. Las  
envolturas helicoidales intermedias están enrolladas for-  
mando un ángulo de 15° a 50° con una línea en el mandril  
paralela al eje longitudinal del mandril. Cada envoltura  
intermedia sucesiva está dispuesta de modo que sus fibras  
20 se cruzan con las fibras de la envoltura intermedia previa  
formando un ángulo desde 30° a 90° (el más pequeño de los  
ángulos formados por la intersección de las dos envoltu-  
ras fibrosas es de 30° a 90°). Como se ha indicado antes,  
al menos cuatro envolturas helicoidales intermedias están  
25 dispuestas entre las envolturas circunferenciales más ex-  
ternas y más internas. Generalmente se emplean un total de  
entre 8 y 10 envolturas, aunque pueden emplearse si se  
desea más o menos envolturas. Cada envoltura varía gene-  
ralmente de espesor desde 0,010 cm a 0,041 cm. Si se  
30 desea, puede emplearse una o más envolturas circunferen-

1 ciales o longitudinales intermedias. Dichas envolturas  
pueden emplear fibras de carbono u otro material filamen  
toso o ambos, según se desee. Las envolturas longitudina-  
les no pueden colocarse naturalmente por técnicas de enro-  
5 llado de vaina, y deben ser primero cortadas a su tamaño  
deseado antes de colocarlas en su lugar. Después que to-  
das las envolturas están colocadas en su lugar el agluti-  
nante se cura y el árbol se separa del mandril. Si es ne-  
cesario, los extremos del árbol pueden recortarse.

10 Las fibras empleadas en la preparación de los ár-  
boles motrices del presente invento están impregnadas con  
un aglutinante de resina líquida de baja viscosidad adccua  
do antes de enrollarse sumergiendo simplemente las fibras  
en la resina. Las resinas empleadas para impregnar las fi-  
15 bras incluyen, entre otras, resinas fenólicas, resinas  
epoxídicas, resinas de poliéster y similares. Los agentes  
endurecedores convencionales y/o los catalizadores de poli-  
merización que originan la reticulación de la resina, se  
emplean naturalmente en el grado necesario para curar la  
20 resina. Después del endurecimiento, el cuerpo compuesto  
de fibra formado contiene generalmente desde aproximada-  
mente 40% en volumen a aproximadamente 60% en volumen de  
fibras, desde aproximadamente 40% en volumen hasta aproxi-  
madamente 60% en volumen de resina.

25 Un sistema aglutinante de resina epoxídica se  
emplea preferiblemente en producir los árboles motrices  
de este invento debido a su facilidad de manipulación y  
proporcionar temperatura y resistencia ambiental excelen-  
tes. Dicho sistema comprende una resina epoxídica junto  
30 con un endurecedor de resina epoxídica reactivo y/o un

1 catalizador de polimerización epoxídico en una cantidad  
empleada convencionalmente en la técnica para curar resi-  
nas epoxídicas.

5 Los ejemplos siguientes se exponen con fines de  
ilustración de modo que los expertos en la técnica puedan  
comprender mejor este invento. Debe entenderse que son so-  
lamente ejemplos y no debe considerarse que limitan este  
invento de ninguna manera. La resistencia a la tracción y  
10 el módulo de Young de las fibras citados en los ejemplos  
y en toda la memoria, a no ser que se indique otra cosa,  
se medirán en cuerpos compuestos epoxídicos de fibras uni-  
direccionales de 10 cm de longitud. El módulo de Young de  
los árboles se midió sujetando el árbol en ambos extremos  
y aplicando una carga en el centro del árbol.

#### 15 EJEMPLO 1

Diez mechas de hilos de carbono "Thornel" \* 300  
(un hilo de carbono de 1717 dernier de un solo cabo que  
20 contenía 3000 filamentos en los que los filamentos están  
caracterizados por un módulo de Young medio de  $238 \times 10^4$   
 $\text{kg/cm}^2$  y una resistencia a la tracción media de  $25 \times 10^3$  kg/  
 $\text{cm}^2$ ) se pasó a través de un sistema aglutinante de resina  
epoxídica y se envolvió de modo circunferencial por medio  
25 de una máquina de enrollamiento de filamentos, alrededor  
de un mandril de acero formando un ángulo de  $87^\circ$  con una  
línea en el mandril paralela al eje longitudinal del man-  
dril de modo que cubriera el mandril sin superponerse con-  
sigo mismo o dejando un espacio entre las vueltas. El sis-  
30 tema aglutinante de resina epoxídica estaba compuesto de

\*

"Thornel" es una marca registrada de Union Carbide Corp.

1 cion (100) partes en peso de una resina epoxídica líquida  
disponible en el comercio producida por la reacción de  
epiclorhidrina y 2,2-bis(4-hidroxifenil)propano (Epikote  
5 828, fabricada por Shell Chemicals UK Ltd.) y veintisiete  
(27) partes en peso de diaminodifenilmetano (endurcedor  
de resina epoxídica DDM, fabricado por Anchor Chemical Co,  
UK Ltd). El mandril empleado tenía un diámetro de 6,45 cm  
y estaba revestido con "Lecithin" \*\* un agente de despren-  
dimiento comercial. Después que había sido enrollada com-  
10 pletamente la envoltura circunferencial inicial alrededor  
del mandril, se sumergieron 180 mechas del mismo hilo de  
carbono en el aglutinante de resina epoxídica y se enrolló  
helicoidalmente, por medio de la misma máquina de enrollar  
de filamento, alrededor del mandril en un ángulo de 22,50  
15 en una línea paralela al eje longitudinal del mandril. Una  
segunda envoltura helicoidal de 180 mechas se enrolló lue-  
go alrededor del mandril en la dirección opuesta formando  
un ángulo de 22,5° con una línea paralela al eje longitudi-  
20 nal del mandril de modo que sus fibras se cruzaban con las  
fibras de la primera envoltura helicoidal formando un ángu-  
lo de 45° (el más pequeño de los dos ángulos formando por  
la intersección de las dos envolturas de fibras es 45°).  
Cuatro envolturas helicoidales adicionales de 180 mechas  
se enrollaron luego alrededor del mandril de modo similar  
25 de forma que las fibras de cada envoltura sucesiva cruza-  
ban las fibras de cada envoltura previa formando un ángu-  
lo de 45° y formaban un ángulo de 22,5° con una línea para-  
lela al eje longitudinal del mandril. Cada envoltura heli-

30 \*\* Lecithin es una marca registrada de Wymouth Lehr and  
Petrole.

1 coidal se sumergió naturalmente en el aglutinante de resi-  
na epoxídica antes de ser enrollada en el mandril, y se  
enrolló de modo que cubriera completamente la envoltura  
5 previa sin superposición consigo misma o dejando un espa-  
cio entre las vueltas. Finalmente, se enrolló otra envoltura  
circunferencial alrededor del mandril de la misma forma  
que la envoltura circunferencial inicial empleando diez  
mechas de hilo como en la envoltura inicial. Cada una de  
10 las capas aplicadas de esta forma tenía 0,025 cm de espe-  
sor.

El mandril envuelto se colocó luego en una estufa  
y se calentó a una temperatura de 165°C durante 110 minu-  
tos con el fin de curar la resina epoxídica y producir un  
árbol monolítico alrededor del mandril. El mandril se hizo  
15 girar a 4-5 rpm durante este tiempo con el fin de evitar  
el drenaje de resina asimétrico a un lado del mandril. Al  
final de este tiempo, el mandril se separó de la estufa y  
se dejó enfriar. El árbol con la resina curada se separó  
luego del mandril, y se recortó en ambos extremos a una  
20 longitud de 127 cm. Se insertaron y unieron luego conexio-  
nes universales en ambos extremos del árbol.

El árbol se encontró que tenía un módulo de Young  
longitudinal de elasticidad de  $42 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ . El produc-  
to de este módulo por el segundo momento de superficie del  
árbol ( $24,56 \text{ cm}^4$ ) dividido por la longitud del árbol eleva-  
25 da a la cuarta potencia ( $127^4$ ) se encontró que era 0,04,  
es decir,

$$\frac{EI}{L^4} = 0,04$$

1 en donde E = módulo de Yong longitudinal del árbol ( $\text{kg/cm}^2$ )  
 L = longitud del árbol (centímetros), y  
 I = segundo momento de superficie del árbol (cen-  
 5 tímmetros<sup>4</sup>), es decir,  $\pi r^3 t$ , en donde r es  
 el radio medio del árbol (centímetros), y t  
 es el espesor de las paredes del árbol (cen-  
 tímmetros).

Este valor indicó que el árbol podría girar a ve-  
 locidades de al menos 6000 rpm con un ruido mínimo.

10 El valor obtenido de la fórmula (0,04) se encon-  
 tró que era 43 veces mayor que el producto del diámetro  
 del árbol medio (6,64 cm) por el espesor de las paredes  
 del árbol (0,213 cm) por la densidad media de la pared  
 del árbol ( $0,016 \text{ kg/cm}^3$ ), es decir,

$$\frac{EI}{L^4 D P t} = 17$$

15 en donde E, I y L son como se han definido antes, y  
 D = diámetro medio del árbol (centímetros)  
 20 P = densidad media de la pared del árbol ( $\text{kg/cm}^3$ ),  
 y  
 t = espesor de las paredes del árbol (centímetros)

Este valor indicó que el árbol podría hacerse girar a ve-  
 25 locidades de al menos 6000 rpm libre de vibración lateral.

El árbol producido de esta forma se ensayó en un  
 dinamómetro de chasis en una cámara anecoica (habitación sin  
 eco) junto con un motor que tenía una velocidad de cigueñal  
 de 6000 rpm. El árbol se encontró que trabaja libre de  
 30 vibración lateral, y que elimina sustancialmente el ruido

1 y la vibración asociados a los árboles motrices empleados en tales motores.

### EJEMPLO 2

5 Se preparó un árbol motriz de la misma forma que en el Ejemplo 1 excepto que se empleó una mezcla de hilo de carbono "Thornel" 300 y un hilo "Kevlar" 49 (un hilo de fibra de poliamida de 1420 denier de un solo cabo que con-  
10 tenía 1000 filamentos en el que los filamentos están caracterizados por un módulo de Young medio de  $91 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup>, y una resistencia a la tracción media de  $37 \times 10^3$  kg/cm<sup>2</sup>), y la mezcla se envolvió alrededor de un mandril que tenía un diámetro de 7,72 centímetros. Diez mechas de los dos  
15 hilos alternados en paralelo se emplearon para formar las envolturas circunferenciales primera y última, y 180 mechas de los dos hilos alternados de forma similar se emplearon para formar las seis envolturas helicoidales intermedias.

20 El árbol híbrido producido se encontró que tenía un módulo de Young longitudinal de elasticidad de  $25 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup>. El producto de este módulo por el segundo momento de superficie del árbol ( $56,19$  centímetros<sup>4</sup>) dividido por la longitud del árbol elevada a la cuarta potencia ( $127^4$ ) se encontró que era 0,05, es decir,

$$\frac{EI}{L^4} = 0,05$$

25 en donde E, I y L son como se han definido antes. Este valor se encontró que era 53 veces mayor que el producto  
30 del diámetro del árbol medio (8 centímetros) por el espe-

1 sor de las paredes del árbol (0,28 centímetros) por la densidad media de la pared del árbol ( $0,001 \text{ kg/cm}^3$ ), es decir,

5 
$$\frac{EI}{L^4 D P t} = 21$$

10 en donde E, I, L, D, P y t son como se han definido antes. Estos valores indicaron que el árbol podría hacerse girar a velocidades de al menos 6000 rpm, libre de vibración lateral y con un ruido mínimo.

15 El árbol producido de esta forma se ensayó en un dinamómetro de chasis en una cámara anecoica (habitación sin eco) junto con un motor que tenía una velocidad de cigueñal de 6000 rpm. El árbol se encontró que trabajaba libre de vibración lateral, y que elimina sustancialmente el ruido y la vibración asociado a los árboles motrices empleados en dichos motores.

### 20 EJEMPLO 3

25 Se preparó un árbol motriz de forma similar al Ejemplo 1 que emplea fibras de vidrio para las envolturas helicoidales que se enrollaron formando un ángulo de  $45^\circ$  con una línea paralela al eje longitudinal del árbol. Sin embargo con el fin de impartir suficiente rigidez al árbol fue necesario insertar cuatro capas de fibras de carbono paralelas al eje longitudinal del árbol. Estas capas se insertaron como hojas de productos preimpregnados entre las envolturas helicoidales y la envoltura circunferencial más exterior. Cada capa tenía 0,013 centímetros de espesor, y

30

1 contenía fibras caracterizadas por un módulo de Young me-  
 dio de aproximadamente  $210 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$  y una resistencia  
 a la tracción media de aproximadamente  $21 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ .

5 El árbol hídrido producido se encontró que tenía  
 un módulo de Young longitudinal de elasticidad de  $46 \times 10^4$   
 $\text{kg/cm}^2$ . El producto de este módulo por el segundo momento  
 de superficie del árbol ( $29,96 \text{ centímetros}^4$ ) dividido por  
 la longitud del árbol elevada a la cuarta potencia ( $127^4$ )  
 se encontró que era 0,05, es decir,

$$10 \quad \frac{EI}{L^4} = 0,05$$

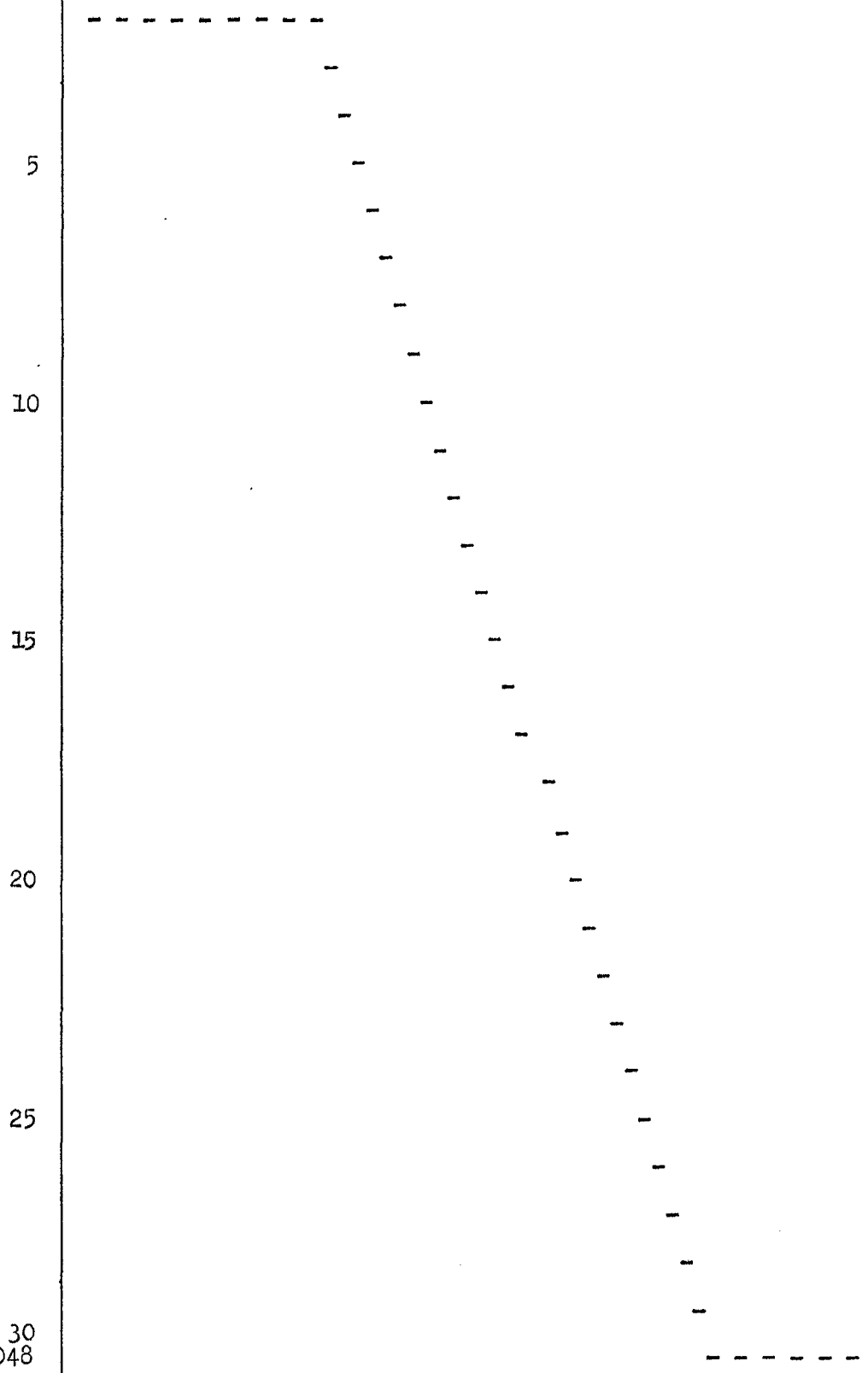
15 en donde E, I y L son como se han definido antes. Este  
 valor se encontró que era 52 veces mayor que el producto  
 del diámetro del árbol medio (6,71 cm) por el espesor de  
 las paredes del árbol (0,254 centímetros) por la densidad  
 media de la pared del árbol ( $0,015 \text{ kg/cm}^3$ ), es decir,

$$20 \quad \frac{EI}{L^4 D P t} = 20,5$$

25 en donde E, I, L, D, P y t son como se han definido antes.  
 Estos valores indicaron que el árbol podría hacerse girar  
 a velocidades de al menos 6000 rpm libre de vibración la-  
 teral y con un ruido mínimo.

30 El árbol producido de esta forma se ensayó en un  
 dinamómetro de chasis en una cámara anecoica (habitación  
 sin eco) junto con un motor que tenía una velocidad de  
 cigueñal de 6000 rpm. El árbol se encontró que trabaja li-  
 bro de vibración lateral y que elimina sustancialmente el

1 ruido y la vibración asociados a los árboles motrices empleados en dichos motores.



1

REIVINDICACIONES

5

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10

15

20

25

1ª.- Perfeccionamientos introducidos en un árbol motor tubular que tiene características amortiguadoras del ruido y la vibración, y capaz de ser hecho girar a una velocidad de al menos 6000 rpm sin desalineación entre su eje geométrico y su eje de rotación, teniendo dicho árbol un módulo de Young longitudinal máximo de elasticidad de  $56 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup> y comprendiendo un cuerpo compuesto de una pluralidad de capas de material filamentoso en una matriz de resina sólida, siendo dicho material filamentoso al menos 20 por ciento en peso de fibras de carbono, estando dispuesto del 10 por ciento en peso al 20 por ciento en peso del material filamentoso presente paralelamente al eje longitudinal de dicho árbol cuando se emplea material filamentoso que tiene un módulo de Young por debajo de  $175 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup>, estando el resto de dicho material filamentoso dispuesto circunferencial y helicoidalmente alrededor del eje longitudinal del árbol, estando dispuestas las fibras de las capas más internas y más externas en esencia circunferencialmente alrededor del eje longitudinal del árbol bajo un ángulo de 85° a 90° con respecto a una línea paralela al eje longitudinal del árbol, conteniendo dichas fibras circunferencialmente dispuestas fibras de carbono y estando dispuestas helicoidalmente las

05048

30

1 — fibras de al menos cuatro capas intermedias entre las capas más internas y más externas alrededor del eje longitudinal bajo un ángulo de 15° a 50° con una línea paralela al eje longitudinal del árbol, cruzándose las fibras de cada capa helicoidal sucesiva con las fibras de la capa helicoidal previa bajo un ángulo de 30° a 90°; siendo el valor de la fórmula

$$\frac{EI}{L^4}$$

10 para dicho árbol no mayor de 1 y siendo el valor de la fórmula

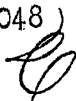
$$\frac{EI}{L^4 D P t}$$

15 para dicho árbol al menos 40, en la que E es el módulo de Young longitudinal del árbol (kg/cm<sup>2</sup>), I es el segundo momento de superficie del árbol (cm<sup>4</sup>), L es la longitud del árbol (cm), D es el diámetro medio del árbol (cm), P es la densidad media de la pared del árbol (kg/cm<sup>3</sup>) y t es el espesor de la pared del árbol (cm).

20 2ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1ª, según los cuales el árbol motor tiene un módulo de Young longitudinal máximo de elasticidad de  $42 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup>.

25 3ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 1ª o 2ª, según los cuales el árbol tiene una longitud de 102 a 127 centímetros, un diámetro interno de 5 centímetros a 8 centímetros, y paredes al menos de 0,15 centímetros de espesor.

4ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 1ª, 2ª o 3ª, según los cuales la matriz de



1 - resina sólida es una matriz de resina epoxídica.

5<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> o 4<sup>a</sup>, según los cuales el árbol contiene de 40 por ciento en peso a 65 por ciento en peso de material filamentosos distinto de las fibras de carbono.

5 6<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> o 4<sup>a</sup>, según los cuales todas las fibras presentes en el árbol son fibras de carbono que tienen un módulo de Young de elasticidad de al menos  $175 \times 10^4$  kg/cm<sup>2</sup>.

10 7<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 6<sup>a</sup>, según los cuales las capas más internas y más externas de las fibras de carbono están dispuestas circunferencialmente alrededor del eje longitudinal del árbol formando un ángulo de 87° con una línea paralela al eje longitudinal del árbol, y 6 a 8 capas intermedias de fibras de carbono están dispuestas helicoidalmente alrededor del eje longitudinal formando un ángulo de 22,5° con una línea paralela al eje longitudinal del árbol, cruzándose las fibras de cada capa helicoidal sucesiva con las fibras de la capa helicoidal previa en un ángulo de 45°.

15 20 8<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos de acuerdo con las reivindicaciones 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup> o 5<sup>a</sup>, según los cuales las fibras presentes en las capas circunferenciales más internas y más externas, así como cualesquiera fibras dispuestas paralelas al eje longitudinal del árbol, son fibras de carbono, y las fibras presentes en las capas intermedias dispuestas helicoidalmente son fibras de vidrio.

25 30 9<sup>a</sup>.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivin

1 - dicación 8ª, según los cuales las fibras de carbono pre-  
sentes en las capas circunferenciales más internas y más  
externas están dispuestas alrededor del eje longitudinal  
del árbol formando un ángulo de 87º con una línea parale-  
la al eje longitudinal del árbol, y las fibras de vidrio  
5 presentes en las capas intermedias helicoidales están dis-  
puestas alrededor del eje longitudinal formando un ángulo  
de 45º con una línea paralela al eje longitudinal del ár-  
bol, cruzándose las fibras de cada capa helicoidal sucesi-  
va con las fibras de la capa helicoidal previa formando un  
10 ángulo de 90º.

10ª.- Perfeccionamientos introducidos en un ár-  
bol motor tubular.

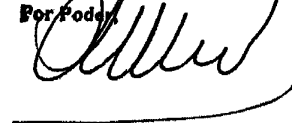
Tal y como se ha descrito en la Memoria que an-  
tecede, representado en los dibujos que se acompañan y con  
15 los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintitres hojas escri-  
tas a máquina por una sola cara.

Madrid, 10. ABR. 1978

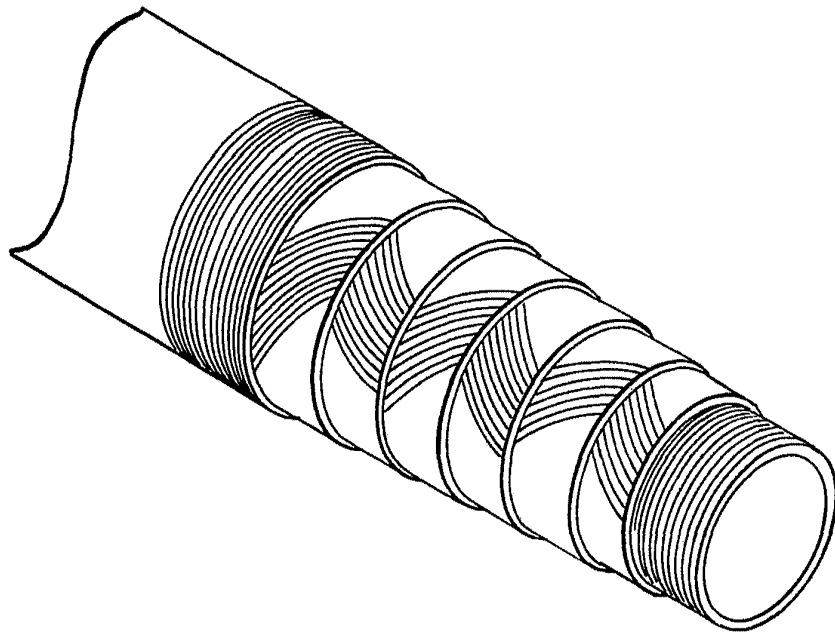
P.A.

Alberto de Elzaburu  
For Podes



25

30



Alberto de Elzaburu  
Por Poder 