

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 796**

51 Int. Cl.:

A42B 3/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.07.2012 PCT/US2012/047662**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.01.2013 WO13013180**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.07.2012 E 12814787 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2734071**

54 Título: **Equipo de protección biomecánico**

30 Prioridad:

21.07.2011 US 201161510401 P
20.07.2012 US 201213554471

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.10.2017

73 Titular/es:

BRAINGUARD TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
1395 Rifle Range Road
El Cerrito, CA 94530, US

72 Inventor/es:

KNIGHT, ROBERT

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 637 796 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

Equipo de protección biomecánico

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a equipos de protección biomecánicos.

Descripción de la técnica relacionada

10 Los equipos de protección tales como los cascos deportivos y de seguridad están diseñados para reducir las fuerzas de impacto directo que puedan dañar de forma mecánica un área de contacto. El equipo protector incluirá típicamente relleno y una capa protectora para reducir el riesgo de lesiones físicas en la cabeza. Se proporcionan revestimientos debajo de una capa exterior endurecida para reducir la deceleración violenta de la cabeza de una
15 manera uniforme y lisa y en una distancia extremadamente corta, ya que el grosor del revestimiento se limita típicamente en base a las consideraciones del tamaño del casco.

El equipo de protección es efectivo de forma razonable para impedir lesiones. No obstante, la efectividad del equipo de protección sigue siendo limitada. Como consecuencia, se proporcionan diversos mecanismos para mejorar el
20 equipo de protección de una manera biomecánica.

Breve descripción de los dibujos

La divulgación puede entenderse mejor en referencia a la descripción siguiente tomada en conjunción con los
25 dibujos adjuntos, que ilustran modos de realización particulares.

La Figura 1 ilustra tipos de fuerzas sobre fibras axonales.

30 La Figura 2 ilustra un ejemplo de una pieza de equipo de protección.

La Figura 3 ilustra otra configuración de un sistema de dispositivo de contenedor.

La Figura 4 ilustra otro ejemplo de un sistema de dispositivo de contenedor.

35 La Figura 5 ilustra un ejemplo de un sistema de múltiples capas.

La Figura 6 ilustra un ejemplo de un casco de múltiples capas.

Descripción de los modos de realización de ejemplo

40 Se hará referencia ahora en detalle a algunos ejemplos específicos de la invención que incluyan los mejores modos contemplados por los inventores para llevar a cabo la invención. Ejemplos de estos modos de realización específicos se ilustran en los dibujos adjuntos. Aunque la invención se describa en conjunción con estos modos de realización específicos, se entenderá que no está prevista para limitar la invención a los modos de realización descritos. Por el
45 contrario, está prevista para cubrir alternativas, modificaciones y equivalentes ya que pueden incluirse dentro del espíritu y del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, las técnicas de la presente invención se describirán en el contexto de los cascos. Sin embargo, cabría destacar que las técnicas de la presente invención se aplican a una amplia variedad de piezas diferentes de equipo
50 protector. En la descripción siguiente, se exponen numerosos ejemplos y detalles específicos a fin de proporcionar un entendimiento profundo de la presente invención. Modos de realización particulares de ejemplo de la presente invención pueden implementarse sin algunos o todos estos detalles específicos. En otros casos, no se han descrito en detalle operaciones de proceso bien conocidas a fin de no complicar innecesariamente la presente invención.

55 Diversas técnicas y mecanismos de la presente invención se describirán a veces en singular para mayor claridad. Sin embargo, cabría destacar que algunos modos de realización incluyen múltiples iteraciones de una técnica o múltiples instancias de un mecanismo a menos que se indique lo contrario. Por ejemplo, un dispositivo de protección puede usar una única correa en una variedad de contextos. Sin embargo, se apreciará que un sistema puede usar múltiples correas mientras que permanezca dentro del alcance de la presente invención a menos que se indique lo
60 contrario. Además, las técnicas y mecanismos de la presente invención describirán a veces una conexión entre dos entidades. Cabría destacar que una conexión entre dos entidades no significa necesariamente una conexión directa, sin obstáculos, ya que una variedad de otras entidades puede residir entre las dos entidades. Por ejemplo, pueden conectarse capas diferentes usando una variedad de materiales. Como consecuencia, una conexión no significa necesariamente una conexión directa, sin obstáculos, a menos que se indique lo contrario.

65 Visión general

El equipo de protección incluye una capa de protección externa conectada a una capa de protección media a través de una capa externa de transformador de energía y de impacto. La capa de protección media está conectada a una capa de protección interna a través de una capa interna de transformador de energía y de impacto. Las capas externa e interna de transformador de energía y de impacto conectan de forma flexible las capas de protección para absorber fuerzas de impacto, fuerzas de rotación, fuerzas de cizalladura, etc., y permiten que las diversas capas de protección se muevan y se deslicen con respecto a las otras capas de protección. Las capas externas e internas de energía y de transformador de impacto pueden construirse usando elementos electro-reológicos, elementos magneto-reológicos, etc. El equipo de protección puede formarse como cascos o como protección del cuerpo para diversas actividades y puede usarse para proteger a los usuarios no solamente del impacto de las fuerzas de penetración, sino también de las fuerzas de rotación y de cizallamiento.

Modos de realización de ejemplo

Los equipos de protección tales como las rodilleras, las hombreras y los cascos están diseñados típicamente para impedir lesiones por impacto directo o traumas. Por ejemplo, muchas piezas de equipo de protección reducen las fuerzas de impacto total que puedan dañar de forma estructural un área de contacto tal como el cráneo o la rodilla. Se hace especial hincapié en la reducción de la probabilidad de fisuras o fracturas del hueso. Sin embargo, la cuestión más importante es impedir los daños de los tejidos y neurológicos causados por las fuerzas de rotación, las fuerzas de cizallamiento, las oscilaciones y las fuerzas de tensión/compresión.

Para las lesiones en la cabeza, la cuestión principal es el daño neurológico causado por las oscilaciones del cerebro en la bóveda craneal que dan como resultado lesiones por golpe-contragolpe manifestadas como contusiones directas al sistema nervioso central (CNS), lesiones por cizallamiento exacerbadas por las fuerzas de rotación, de tensión, de compresión y/o de cizallamiento que dan como resultado la desmielinización y el desgarramiento de las fibras axonales; y los hematomas subdurales o epidurales. Debido al énfasis en reducir la probabilidad de las fisuras o las roturas de los huesos, muchas piezas de equipo de protección no amortiguan, transforman, disipan y/o distribuyen suficientemente las fuerzas de rotación, de tensión, de compresión y/o de cizallamiento, sino más bien se centran en la absorción de las fuerzas de impacto directo sobre un área pequeña, exacerbando potencialmente las fuerzas secundarias en el CNS. El daño mecánico inicial da como resultado una cascada secundaria de daño celular y de tejidos debido al aumento de la liberación de glutamato u otras cascadas moleculares inducidas por el trauma.

La lesión cerebral traumática (TBI) tiene un inmenso impacto personal, social y económico. El Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades documentó 1,4 millones de casos de TBI en Estados Unidos en 2007. Este número se basó en pacientes con una pérdida de conciencia por una TBI dando como resultado una visita a la sala de emergencias. Con el aumento de la conciencia pública sobre la TBI, este número aumentó a 1,7 millones de casos en 2010. De estos casos, hubo 52.000 muertes y 275.000 hospitalizaciones con los 1,35 millones restantes dados de alta de la sala de emergencia. De estos 1,35 millones de casos dados de alta, al menos 150.000 personas tendrán problemas cognitivos y de comportamiento residuales significativos 1 año después del alta de la sala de emergencia. Notablemente, el CDC cree que estos números representan el problema ya que muchos pacientes no solicitan una evaluación médica por una breve pérdida de conciencia debido a una TBI. Estos números de Estados Unidos son similares a los observados en otros países desarrollados y son probablemente más altos en los países del tercer mundo con una protección menor del impacto del vehículo y de la cabeza. Para poner el problema en una perspectiva más clara, la Organización Mundial de la Salud (OMS) anticipa que la TBI se convertirá en una de las principales causas de muerte y discapacidad en el mundo en el año 2020.

Los números del CDC no incluyen las lesiones en la cabeza por acciones militares. La lesión cerebral traumática se menciona ampliamente como "lesión de la firma" de la Operación Libertad Duradera y la Operación Libertad Iraquí. La naturaleza de la guerra llevada a cabo en Iraq y en Afganistán es diferente a la de las guerras anteriores, y los avances en el equipo de protección que incluye cascos, así como mejores tiempos de respuesta médica, permiten a los soldados sobrevivir a eventos tales como heridas en la cabeza y exposiciones a explosiones que habrían acabado fatal anteriormente. La introducción del casco Kevlar ha reducido de forma drástica las muertes de campo por heridas de bala y metralla en la cabeza. Sin embargo, este aumento de supervivencia es paralelo a un aumento drástico de la lesión cerebral residual de compresión y de las fuerzas de rotación del cerebro en supervivientes de la TBI. Similar a la observada en la población civil, los efectos residuales de la TBI relacionada con el despliegue militar son los síntomas neurocomportamentales tales como los déficits cognitivos y las quejas emocionales y somáticas. Las estadísticas proporcionadas por los militares mencionan una incidencia del 6,2 % de lesiones en la cabeza en los veteranos de la zona de combate. Cabe esperar que estos números se mantienen en otros países.

Además de la incidencia de la TBI en civiles por caídas y accidentes vehiculares o de personal militar en combate, hay una conciencia creciente de que las fuerzas repetitivas relacionadas con los deportes aplicadas a la cabeza con o sin verdadera pérdida de conciencia pueden tener consecuencias nefastas a largo plazo. Se ha sabido desde los años 20 que el boxeo se asocia con problemas a largo plazo devastadores que incluyen la "demencia pugilística" y los síntomas como el Parkinson (es decir, Mohammed Ali). Ahora sabemos que esta fuerza repetitiva sobre la disfunción cerebral se extiende a muchos otros deportes. El fútbol lidera el camino en concusiones con pérdida de conciencia y pérdida de memoria post-traumática (63 % de todas las conmociones cerebrales en todos los deportes),

la lucha libre viene en segundo lugar con el 10 % y el fútbol ha aumentado al 6 % de todos las TBI relacionadas con los deportes. En EE. UU., 63.000 estudiantes de secundaria sufren una TBI al año y muchos de estos estudiantes tienen problemas cognitivos y conductuales persistentes a largo plazo. Este patrón inquietante se extiende a los deportes profesionales donde las fuerzas de impacto en el cuerpo y en la cabeza son aún mayores debido al aumento progresivo del peso y de la velocidad de los atletas profesionales. El fútbol ha dominado el discurso nacional en el área pero se ven también ediciones neurológicas a largo plazo serias y progresivas en jugadores de hockey y de fútbol y en cualquier deporte con la probabilidad de una TBI. Las lesiones repetidas en la cabeza dan como resultado un deterioro neurológico progresivo con hallazgos neuropatológicos que imitan la enfermedad del Alzheimer. Este síndrome con hallazgos neuropatológicos *post mortem* característicos sobre aumentos de proteínas Tau y placas de amiloide se denomina Encefalopatía Traumática Crónica (CTE).

El cerebro humano es un órgano relativamente delicado que pesa aproximadamente 1,36 kg (3 libras) y que tiene una consistencia un poco más densa que la gelatina y próxima a la del hígado. Desde una perspectiva evolutiva, el cerebro y el cráneo protector no se diseñaron para soportar fuerzas externas significativas. Debido a este diseño pobre de la resistencia de impacto, las fuerzas externas transmitidas a través del cráneo al cerebro que se compone de aproximadamente 100 mil millones células y de hasta un trillón de fibras de conexión dan lugar a problemas neurológicos importantes. Estas lesiones incluyen contusiones que destruyen directamente las células del cerebro y desgarran las fibras de conexión críticas necesarias para transmitir información entre las células cerebrales.

Las lesiones por contusión son simplemente el sangrado dentro de la sustancia del cerebro debido al contacto directo entre el cerebro y los rebordes óseos del interior del cráneo. Desafortunadamente, el cerebro no puede tolerar los productos sanguíneos y la presencia de sangre arranca una cascada biológica que daña aún más el cerebro. Las contusiones se deben a que el cerebro oscila dentro del cráneo cuando se aplica una fuerza externa. Estas oscilaciones pueden incluir hasta tres ciclos de ida y vuelta en la bóveda craneal y se denominan lesiones por golpes golpistas. La parte del golpe del proceso es el punto de contacto del cerebro con el cráneo y el contra-golpe es el punto de contacto siguiente cuando el cerebro oscila y golpea la parte opuesta del interior del cráneo.

El interior del cráneo tiene una serie de rebordes óseos afilados en la parte frontal del cráneo y, cuando el cerebro se golpea contra estos rebordes, se rasga de forma mecánica, lo que da como resultado una contusión. Estas lesiones de contusión están típicamente en la parte frontal del cerebro dañando las regiones clave implicadas en el control cognitivo y emocional.

Las lesiones por cizallamiento implican el desgarramiento de las fibras axonales. El cerebro y sus fibras axonales son extremadamente sensibles a las fuerzas de rotación. Los boxeadores pueden soportar cientos de puñetazos directamente en la cara, pero un único puñetazo circular o corte superior donde la fuerza venga desde el lado o parte inferior de la mandíbula causará la rotación aguda del cráneo y el cerebro y típicamente una eliminación. Si las fuerzas de rotación son lo suficientemente graves, el resultado es el desgarramiento de los axones.

La Figura 1 muestra cómo diferentes fuerzas afectan a los axones. La compresión 101 y la tensión 103 pueden retirar el recubrimiento de protección sobre un axón denominado vaina de mielina. La mielina puede verse como el revestimiento de goma en un alambre. Si el alambre interno del axón no se corta, la mielina puede volver a crecer y volver a revestir el "alambre" que puede reanudar la función axonal y la comunicación del cerebro. Si las fuerzas de rotación son significativas, las fuerzas de corte 105 desgarran el axón. Esto eleva el problema ya que los extremos de los axones cortados no vuelven a unirse. Esto da como resultado un déficit neurológico permanente y se denomina lesión axonal difusa (DAI), una causa importante de discapacidad neurológica a largo plazo después de una TBI.

Algunas piezas más modernas de equipo de protección se han introducido con la conciencia de que las lesiones graves, además de lesiones músculo-esqueléticas o de la piel en una variedad de actividades requieren nuevos diseños de equipo de protección.

La patente US nº 7.076.811 concedida a Puchalski describe un casco con una zona de arrugamiento o de cizallamiento absorbente de impacto. "La capa consiste en tres (o más) paneles discretos que están física y firmemente acoplados entre sí proporcionando protección rígida en la mayoría de las circunstancias, pero, al impactar los paneles, se mueven relativos entre sí, pero no relativos a la cabeza del usuario, permitiendo de este modo que disipen y/o redirijan las fuerzas de impacto fuera del cráneo y dentro del cerebro. Al producirse un impacto en el casco, hay fases secuenciales de movimiento de los paneles entre sí, siendo estos movimientos recuperables inicialmente, pero, con fuerzas de vector suficientes, el casco experimenta cambios estructurales de manera predeterminada, de modo que los movimientos recuperables y permanentes proporcionan de forma acumulativa una "zona de arrugamiento" o "zona de cizallamiento" de protección.

La patente estadounidense 5.815.846 concedida a Calonge describe "un conjunto de casco resistente al impacto que tiene una primera capa de material acoplada a una segunda capa de material para definir una cámara de gas entre las mismas que contiene una cantidad que proporciona amortiguación de impacto cuando se aplica una fuerza de impacto al montaje de casco. El montaje de casco incluye además una capa de contención dispuesta sobre la segunda capa de material y estructurada para definir una cámara de fluido en la cual está dispuesta una cantidad de

fluido. El fluido incluye un gel generalmente viscoso estructurado para proporcionar cierta resistencia contra el desembolso desde una región impactada de la cámara de fluido a regiones no impactadas de la cámara de fluido, mejorando de este modo además la distribución de impacto y la amortiguación de la fuerza de impacto proporcionada por el montaje de casco. "

5 La patente estadounidense 5.956.777 concedida a Popovich describe "un casco para proteger una cabeza desplazando lateralmente las fuerzas de impacto, comprendiendo dicho casco: una capa interna rígida formada como una única unidad, una capa resiliente de separación dispuesta en el exterior y en contacto con dicha capa interna y una capa articulada que tiene una pluralidad de segmentos rígidos discretos dispuestos en el exterior y en
10 contacto con dicha capa resiliente de separación y una pluralidad de elementos resilientes que acoplan los adyacentes de dichos segmentos rígidos entre sí."

La patente estadounidense 6.434.755 concedida a Halstead describe un casco de fútbol americano con secciones de revestimiento de diferentes grosores y densidades. Las secciones más gruesas y más suaves manejarían impactos menos intensos, aplastándolos hasta que las secciones más delgadas y más duras tomasen el control para impedir que se tocan.

El documento WO 01/45526 A1 describe una capa de casco que comprende una capa externa, una capa intermedia y una capa interna, con dos capas deslizantes. Las capas deslizantes pueden comprender aceite, Teflon®,
20 microesferas, aire o caucho.

El documento SE 1050905 A1 describe una capa de casco que comprende una capa externa, una capa intermedia y una capa interna con dos capas deslizantes. Las capas deslizantes comprenden un compuesto de capas de fibras.

25 El documento WO 2012/109381 A1, que es la técnica anterior de acuerdo con el Artículo 54(3) EPC, describe una capa de casco que comprende una capa externa, una capa intermedia y una capa interna, con dos capas amortiguadoras.

30 Otras ideas más se refieren al uso de resortes en lugar de materiales triturbables para manejar la energía de un impacto. Los resortes se asocian típicamente con el rebote y la energía almacenada por el resorte se vuelve a la cabeza. Esto puede ayudar en algunos casos, pero puede causar también una lesión neurológica significativa. Evitar el retorno de energía a la cabeza es una razón por la que los materiales que no rebotan se usan normalmente.

35 Algunos de los mecanismos de protección no son suficientemente biomecánicos y no son suficientemente adecuados para determinadas áreas de protección. Estos mecanismos de protección no son tampoco suficientemente activos en las escalas de tiempo adecuadas para evitar daños. Por ejemplo, en muchos casos, materiales como los geles pueden comenzar solamente a convertir la energía significativa en calor después de que una energía significativa se haya transferido al cerebro. Del mismo modo, los mecanismos de deformación estructural pueden romper y absorber solamente la energía después de que una cantidad significativa de energía se
40 haya transferido al cerebro.

Los mecanismos actuales son útiles para circunstancias particulares pero se limitan en su capacidad de protección contra numerosos tipos de daño neurológico. Como consecuencia, se proporciona un mecanismo de equipo de protección biomecánico y consciente inteligente mejorado para proteger contra daños mecánicos así como daños
45 neurológicos.

De acuerdo con diversos modos de realización, el equipo de protección tal como un casco incluye un dispositivo de contenedor para proporcionar un mecanismo estructural para contener un transformador de energía y de impacto. El diseño de este elemento podría ser una parte del diseño biomecánico inteligente de energía para la protección. El transformador de energía y de impacto incluye un mecanismo para la disipación, la transformación, la absorción, la redirección o la fuerza/energía en las escalas de tiempo correctas (en algunos casos tan pequeñas como unos pocos milisegundos o cientos de microsegundos).

55 En modos de realización particulares, el mecanismo de contenedor proporciona una estructura para permitir el uso de un transformador de energía y de impacto. El mecanismo de contenedor puede ser de dos o tres capas que contengan una o más capas de materiales de transformador de energía y de impacto. Es decir, una estructura de múltiples capas puede tener materiales de transformador de energía y de impacto entre capas de protección adyacentes. Las capas pueden estar diseñadas para impedir la penetración directa de cualquier objeto intruso u obstaculizador. En algunos ejemplos, la capa externa puede estar asociada con mecanismos para la distribución del impacto, la transformación de energía, la amortiguación de la fuerza y la deformación y transformación por
60 cizallamiento. En algunos ejemplos, el mecanismo de contenedor puede estar construido de materiales tales como policarbonato, fibra de vidrio, metal Kevlar™, aleaciones, combinaciones de materiales, etc.

65 De acuerdo con diversos modos de realización, el transformador de energía y de impacto proporciona un mecanismo para la disipación, la transformación, la absorción y la reorientación de la fuerza y la energía a las escalas de tiempo apropiadas. El transformador de energía y de impacto puede incluir una variedad de elementos. En algunos

ejemplos, un elemento de transformador mecánico conecta múltiples capas asociadas con un mecanismo de contenedor con estructuras mecánicas o fluidos que ayudan a transformar las fuerzas de impacto o de cizallamiento en una capa externa en fuerzas o energía más benignas en lugar de transferir las fuerzas de impacto o de cizallamiento a una capa interna.

5 En algunos ejemplos no reivindicados, se proporciona una capa de transformador mecánica entre cada par de capas adyacentes. La transformación mecánica puede usar una estructura en forma de armazón de cizallamiento que conecte una capa externa y una capa interna que amortigüe cualquier fuerza o impacto. En algunos ejemplos, las capas de la estructura de armazón de cizallamiento conectan una capa externa a una capa media y la capa media a una capa interna. De acuerdo con diversos modos de realización, la capa media o capa central puede deslizarse
10 relativa a la capa interna y reducir el movimiento y/o el impacto impartido sobre una capa externa. En modos de realización particulares, la capa externa puede deslizarse hasta varios centímetros relativos a la capa media. En modos de realización particulares, el material usado para conectar la capa media a la capa externa o la capa interna podría ser un material que absorbiera/disipara energía mecánica como energía térmica o energía de transformación.
15 El espacio entre la capa externa, la capa media y la capa interna puede llenarse con material absorbente/disipativo tal como fluidos y geles.

De acuerdo con diversos modos de realización, el transformador de energía y de impacto puede incluir también un elemento electro-reológico. Diferentes capas pueden estar separadas por un elemento electro-reológico con una viscosidad dependiente del campo eléctrico. El elemento puede permanecer esencialmente sólido la mayor parte del tiempo. Cuando hay esfuerzo/tensión en una capa externa, el campo eléctrico se activa de modo que la viscosidad cambia dependiendo del nivel de tensión/deformación. Las fuerzas de cizallamiento en una capa interna se reducen para minimizar la transmisión de impacto.

25 En modos de realización particulares, el transformador de energía y de impacto incluye también un elemento magneto-reológico. Diversas capas pueden estar separadas por elementos magnéticos reológicos con viscosidad dependiente del campo magnético. El elemento puede permanecer esencialmente sólido la mayor parte del tiempo. Cuando hay esfuerzo/tensión en una capa externa, el campo magnético se activa de modo que la viscosidad cambia dependiendo del nivel de tensión/deformación. Las fuerzas de cizallamiento en una capa interna se reducen para
30 minimizar la transmisión de impacto.

Los elementos electro-reológicos y magneto-reológicos pueden incluir fluidos inteligentes con propiedades que cambien en presencia de un campo eléctrico o de un campo magnético. Algunos fluidos inteligentes experimentan cambios en la viscosidad cuando se aplica un campo magnético. Por ejemplo, un líquido inteligente puede cambiar de un líquido a un gel cuando los imanes se alineen para crear un campo magnético. Los fluidos inteligentes pueden reaccionar en milisegundos para reducir el impacto y las fuerzas de cizallamiento entre las capas.

En otros ejemplos no reivindicados, pueden incluirse elementos de tipo espuma y espuma de memoria para absorber y distribuir fuerzas. En algunos ejemplos, los elementos de tipo espuma y espuma de memoria pueden residir debajo de la capa interna. Puede usarse un elemento de suspensión magnética para reducir de forma activa o pasiva las fuerzas externas. Un núcleo interno y un núcleo externo pueden estar separados por imanes que se resistan entre sí, por ejemplo, N polos opuestos entre sí. Los núcleos interno y externo querrían separarse de forma natural, pero se arrastran juntos mediante materiales elásticos. Cuando una capa externa es impactante y los imanes se empujan más cerca, las fuerzas entre los imanes aumentan a través del entrehierro.

45 De acuerdo con diversos modos de realización, un elemento de cúpula geodésica concéntrica incluye una serie de capas internas, cada una de las cuales es una cúpula geodésica basada en cumbre, pero conectada a la geodésica externa a través de mecanismos estructurales o fluidicos. Esto permite que cada estructura geodésica distribuya totalmente su propia carga de choque y la transmita de manera uniforme a la cúpula debajo. La secuencia de estructuras geodésicas y la separación por fluido proporciona una distribución uniforme de la fuerza y/o la disipación que protege la capa más interna de estos impactos.
50

En modos de realización particulares, un elemento fluido/acordeón separaría una capa interna y una capa externa usando un acordeón con fluido/gel entre las mismas. Esto permitiría que el choque del núcleo externo se transmitiera y distribuyera de forma uniforme a través del fluido cerrado, mientras que el acordeón se comprime para alojar la deformación. Un elemento de fluido/pistón/muelle comprimido podría incluir elementos de tipo pistón/cilindro con un fluido comprimido entre los mismos que absorbiera la energía de impacto mientras aumenta la resistencia a la fuerza aplicada. El diseño podría incluir elementos mecánicos adicionales como un resorte para absorber/disipar la energía.
60

En otros ejemplos más no reivindicados, un elemento de fibra implica el uso de una capa externa ondulada con textura similar a la de un coco. La capa externa puede contener elementos similares a la fibra de coco densos que separen el núcleo interno del núcleo externo. El choque puede ser absorbido por el núcleo externo y el relleno fibroso. Pueden incluirse también otros elementos en una estructura de núcleo interna. En algunos ejemplos, una bolsa llena de gel estirable gruesa envuelta alrededor de la capa interna podría expandirse y contraerse en áreas diferentes para transferir de forma instantánea y distribuir fuerzas. La combinación de la elasticidad de una bolsa y la
65

viscosidad del gel podría proporcionar amortiguación para absorber/disipar las fuerzas externas.

De acuerdo con diversos modos de realización, un dispositivo contenedor incluye múltiples capas tales como una capa externa, una capa media y una capa interna. Las capas pueden separarse por mecanismos de transformador de energía y de impacto. En algunos ejemplos, las capas y los mecanismos de transformación de energía y de impacto pueden estar integrados o una capa puede funcionar también como un transformador de energía y de impacto.

La Figura 2 ilustra un ejemplo de una pieza particular de equipo de protección. El casco 201 incluye una capa de protección 211 y una capa de revestimiento 213. La capa de protección 211 incluye puntos de fijación 215 para un visor, una barra de mentón, un protector de cara, una máscara facial o un mecanismo de protección de cara en general. En algunos ejemplos, la capa de protección 211 incluye rebordes 217 y/u orificios de aire para la transpirabilidad. La capa de protección 211 puede construirse usando plásticos, resinas, metales, compuestos, etc. En algunos casos, la capa de protección 211 puede reforzarse usando fibras tales como aramidas. La capa de protección 211 ayuda a distribuir energía mecánica e impide la penetración. La capa de protección 211 se fabrica típicamente usando materiales de peso más ligero para impedir que el propio casco cause lesiones.

De acuerdo con diversos modos de realización, una correa de barbilla 221 está conectada al casco para garantizar la posición del casco. La capa de protección 211 se denomina también a veces contenedor o envoltura. En muchos ejemplos, la capa de protección 211 cubre una capa de revestimiento 213. La capa de revestimiento 213 puede incluir materiales de revestimiento, espuma y/o relleno para absorber energía mecánica y mejorar el ajuste. Una capa de revestimiento 213 puede conectarse a la capa de protección 211 usando una variedad de mecanismos de fijación tales como pegamento o velcro. De acuerdo con diversos modos de realización, la capa de revestimiento 213 se moldea previamente para permitir un ajuste y una protección mejorados. De acuerdo con diversos modos de realización, la capa de revestimiento puede variar, por ejemplo de 4 mm a 40 mm de grosor, dependiendo del tipo de actividad para la que esté diseñado un casco. En algunos ejemplos, la espuma a medida puede inyectarse en un casco ajustado para permitir el ajuste personalizado. En otros ejemplos, pueden proporcionarse capas de protección de tamaños diferentes y capas de revestimiento para diversas actividades y tamaños de cabeza.

La capa de protección 211 y la capa de revestimiento 213 protegen bien el cráneo y han dado como resultado una reducción drástica de las fracturas de cráneo y del sangrado entre el cráneo y el cerebro (hematomas subdurales y epidurales). Los cascos militares usan Kevlar para disminuir las lesiones penetrantes de balas, metralla, etc. Desafortunadamente, estos enfoques no están bien diseñados para disminuir las fuerzas directas y las lesiones por golpe-contragolpe que dan como resultado contusiones y lesiones por axones de compresión-tensión. Además, muchos cascos no protegen contra las fuerzas de rotación que son la causa principal de una lesión por cizallamiento y la consiguiente discapacidad neurológica a largo plazo en el personal civil y militar. Aunque la introducción de Kevlar™ en cascos militares ha disminuido la mortalidad por lesiones penetrantes de la cabeza, los supervivientes se quedan a menudo con déficits neurológicos debilitantes debido a contusiones y lesión axonal difusa.

La Figura 3 ilustra otra configuración de un sistema de dispositivo contenedor. De acuerdo con diversos modos de realización, el equipo de protección incluye múltiples dispositivos de contenedor 301 y 303. En modos de realización particulares, los dispositivos de contenedores múltiples son capas interconectadas de forma holgada que sostienen un transformador de energía y impacto 305. Los dispositivos de múltiples contenedores pueden ser múltiples capas de plástico y/o resina. En algunos ejemplos, los dispositivos contenedores 301 y 303 pueden estar conectados solamente a través del transformador de energía y de impacto 305. En otros ejemplos, los dispositivos de contenedor 301 y 303 pueden estar conectados de forma holgada de una manera que complemente la conexión por el transformador de energía y de impacto 305.

De acuerdo con diversos modos de realización, el transformador de energía y de impacto 305 puede usar una estructura en forma de armazón de cizallamiento que conecte el contenedor 301 y el contenedor 303 para amortiguar cualquier fuerza o impacto. En algunos ejemplos, el transformador de energía y impacto 305 permite que el contenedor 301 se mueva o deslice con respecto al contenedor 303. En algunos ejemplos, se permiten hasta varios centímetros de movimiento relativo por el transformador de energía y impacto 305.

En modos de realización particulares, el transformador de energía y impacto 305 podría ser un material que absorbiera/disipara energía mecánica como energía térmica o energía de transformación e incluye materiales electro-reológicos o magneto-reológicos.

La Figura 4 ilustra otro ejemplo de un sistema de dispositivo de contenedor. El contenedor 401 contiene el transformador de energía y de impacto 403. En algunos ejemplos, múltiples contenedores o múltiples capas pueden no ser necesarios. El contenedor puede construirse usando plástico y/o resina. Y puede ampliarse o contraerse con la aplicación de la fuerza. El transformador de energía y de impacto 403 puede expandirse o contraerse del mismo modo con la aplicación de la fuerza. El transformador de energía y de impacto 403 puede recibir y convertir energía de impactos físicos sobre un contenedor 401.

La Figura 5 ilustra un ejemplo de un sistema de múltiples capas. Una capa externa 501, una capa media 503 y una

capa interna 505 pueden contener energía y impactar las capas transformadoras 511 y 513 entre las mismas. La capa de transformador de energía y de impacto 511 que resida entre las capas 501 y 503 puede permitir que la capa 501 se mueva y/o se deslice con respecto a la capa media 503. Al permitir movimientos de deslizamiento que conviertan las fuerzas de rotación de la cabeza potenciales en calor o energía de transformación, las fuerzas de cizallamiento pueden reducirse de forma significativa.

Del mismo modo, la capa media 503 puede moverse y deslizarse con respecto a la capa interna 505. En algunos ejemplos, la cantidad de movimiento y/o deslizamiento depende de la viscosidad del fluido en las capas de transformador de energía y de impacto 511 y 513. La viscosidad puede variar dependiendo del campo eléctrico o de la tensión aplicada. En algunos otros ejemplos, la cantidad de movimiento y/o deslizamiento depende de los materiales y estructuras de materiales en las capas de transformador de energía y de impacto 511 y 513.

De acuerdo con diversos modos de realización, cuando se aplica una fuerza a una capa externa 501, la energía se transfiere a una capa interna 505 a través de una capa media suspendida 503. La capa media 503 corta relativa a la capa superior 501 y a la capa interna 505. En modos de realización particulares, las capas de transformador de energía y de impacto 511 y 513 pueden incluir cierres elastómeros finos entre las capas en una estructura de peine. Las capas de transformador de energía y de impacto 511 y 513 pueden incluir también fluidos o dispositivos amortiguadores/absorbentes de energía.

De acuerdo con diversos modos de realización, pueden usarse varias estructuras físicas diferentes para formar capas de transformador de energía y de impacto 511 y 513. En algunos ejemplos no reivindicados, la capa de transformador de energía y de impacto 511 incluye una capa de estructuras cónicas tridimensionales que miran hacia arriba o hacia abajo que separan la capa externa 501 y la capa media 503. La capa de transformador de energía y de impacto 513 incluye una capa de estructuras cónicas enfrentadas hacia arriba o hacia abajo que separan la capa media 503 y la capa interna 505. Las estructuras cónicas en la capa de transformador de energía y de impacto 511 y las estructuras cónicas en la capa de transformador de energía y de impacto 513 pueden o no estar alineadas. En algunos ejemplos, las estructuras cónicas de la capa 511 están desalineadas con las estructuras cónicas en la capa 513 para permitir una reducción de la fuerza de cizallamiento mejorada.

En algunos ejemplos, las estructuras cónicas están diseñadas para tener un intervalo elástico particular donde las estructuras cónicas volverán a la misma estructura después de que se haya retirado la fuerza aplicada. Las estructuras cónicas pueden estar diseñadas también para tener un intervalo de plástico particular donde la estructura cónica se deformará de forma permanente si se aplica una fuerza de rotación o de cizallamiento suficiente. La propia deformación puede disipar la energía, pero requeriría el reemplazo o la reparación del equipo de protección.

Las estructuras cónicas son eficaces para reducir las fuerzas de cizallamiento, rotación e impacto aplicadas a una capa externa 501. Las estructuras cónicas reducen las fuerzas de cizallamiento y de rotación aplicadas desde una variedad de direcciones diferentes. De acuerdo con diversos modos de realización, las estructuras cónicas en las capas de transformador de energía y de impacto 511 se dirigen hacia fuera con bases situadas en la capa media 503 y en la capa interna 505, respectivamente. En algunos ejemplos, las estructuras en la capa de transformador de energía y de impacto pueden ser estructuras piramidales tridimensionales, estructuras parabólicas tridimensionales, cilindros,

La Figura 6 ilustra un ejemplo de un casco de múltiples capas. De acuerdo con diversos modos de realización, el casco 601 incluye una capa de protección externa 603, un transformador externo de energía y de impacto 605, una capa de protección media 607, un transformador interno de energía y de impacto 609 y una capa de protección interna 611. El casco 601 puede incluir también una capa de revestimiento dentro de la capa de protección interna 611. En modos de realización particulares, la capa de protección interna 611 incluye puntos de fijación 615 para una correa de barbilla para asegurar el casco 601. En modos de realización particulares, la capa de protección externa 603 incluye puntos de fijación para un visor, una barra de barbilla, un protector de cara, una máscara facial y/o un mecanismo de protección de cara 615 en general. En algunos ejemplos, la capa de protección interna 611, la capa de protección media 607 y la capa de protección externa 603 incluye rebordes 617 y/u orificios de aire para la transpirabilidad. La capa de protección externa 603, la capa de protección media 607 y la capa de protección interna 611 pueden construirse usando plásticos, resinas, metales, compuestos, etc. En algunos casos, la capa de protección externa 603, la capa de protección media 607 y la capa de protección interna 611 pueden reforzarse usando fibras tales como aramidas. Las capas de transformador de energía y de impacto 605 y 609 pueden ayudar a distribuir energía mecánica y fuerzas de cizallamiento de modo que se imparta menos energía sobre la cabeza.

De acuerdo con diversos modos de realización, una correa de barbilla 621 está conectada a la capa de protección interna 611 para asegurar la posición del casco. Las diversas capas de protección se denominan también algunas veces contenedores o envolturas. En muchos ejemplos, la capa de protección interna 611 cubre una capa de revestimiento (no mostrada). La capa de revestimiento puede incluir materiales de revestimiento, espuma y/o relleno para absorber energía mecánica y mejorar el ajuste. Una capa de revestimiento puede estar conectada a la capa de protección interna 611 usando una variedad de mecanismos de fijación tales como pegamento o velcro™. De acuerdo con diversos modos de realización, la capa de revestimiento se moldea previamente para permitir un ajuste

5 y una protección mejorados. De acuerdo con diversos modos de realización, la capa de revestimiento puede variar, por ejemplo de 4 mm a 40 mm de grosor, dependiendo del tipo de actividad para la que esté diseñado un casco. En algunos ejemplos, la espuma a medida puede inyectarse en un casco ajustado para permitir el ajuste personalizado. En otros ejemplos, pueden proporcionarse capas de protección de tamaños diferentes y capas de revestimiento para diversas actividades y tamaños de cabeza.

10 La capa de protección media 607 puede conectarse solamente de forma indirecta a la capa de protección interna 611 a través del transformador de energía y de impacto 609. En modos de realización particulares, la capa de protección media 607 flota por encima de la capa de protección interna 611. En otros ejemplos, la capa de protección media 607 puede conectarse de forma holgada a la capa de protección interna 611. De la misma manera, la capa de protección externa 603 flota por encima de la capa de protección media 607 y puede conectarse solamente a la capa de protección media a través del transformador de energía y de impacto 605. En otros ejemplos, la capa de protección externa 603 puede conectarse de forma holgada y flexible a la capa de protección media 607 y a la capa de protección interna 611. Las capas de protección 603, 607 y 611 proporcionan protección contra las fuerzas de penetración mientras que las capas de transformador de energía y de impacto 605 y 609 proporcionan protección contra las fuerzas de compresión, las fuerzas de cizallamiento, las fuerzas de rotación, etc. De acuerdo con diversos modos de realización, la capa de transformador de energía y de impacto 605 permite a la capa externa 603 moverse relativa a la capa media 607 y la capa de transformador de energía y de impacto 609 permite que la capa externa 603 y la capa media 607 se muevan relativas a la capa interna 611. Las fuerzas de compresión, de cizallamiento, de rotación, de impacto y/u de otras fuerzas se absorben, deflexionan, disipan, etc., por las diversas capas.

25 De acuerdo con diversos modos de realización, el cráneo y el cerebro no están provistos solamente de protección contra las fracturas de cráneo, las lesiones penetrantes, los hematomas subdurales y epidurales, sino que proporcionan también alguna medida de protección contra fuerzas directas y lesiones por golpe-contragolpe resultantes que dan como resultado ambas contusiones y lesiones del axón por compresión-tensión. El cráneo está protegido también contra las fuerzas de rotación que son una causa central de una lesión por cizallamiento y la resultante discapacidad neurológica a largo plazo en el personal civil y militar.

30 En algunos ejemplos, las capas de transformador de energía y de impacto 605 y 609 pueden incluir amortiguadores pasivos, semiactivos y activos. De acuerdo con diversos modos de realización, la capa externa 603, la capa media 607 y la capa interna 611 pueden variar de peso y de resistencia. En algunos ejemplos, la capa externa 603 tiene considerablemente más peso, resistencia e integridad estructural que la capa media 607 y la capa interna 611. La capa externa 603 puede usarse para impedir las fuerzas de penetración y, en consecuencia, puede construirse usando materiales de mayor resistencia que pueden ser más caros o más pesados.

40 Aunque la invención anterior se ha descrito con algún detalle para los propósitos de claridad de entendimiento, resultará evidente que ciertos cambios y modificaciones pueden llevarse a la práctica dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, los presentes modos de realización han de considerarse como ilustrativos y no restrictivos y la invención no ha de limitarse a los detalles dados en el presente documento, sino puede modificarse dentro del alcance y de equivalentes de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un casco (601), que comprende:
una capa de protección externa (501, 603);
- 5 una capa de protección media (503, 607) conectada a una capa de protección externa (501, 603) a través de una capa externa de transformador de energía y de impacto (511, 605), la capa externa de transformador de energía y de impacto (511, 605) que puede hacerse funcionar para absorber energía a partir de las fuerzas mecánicas impartidas sobre la capa de protección externa (501, 603), en donde la capa externa de transformador de energía y de impacto (511, 605) permite que la capa de protección externa (501, 603) se deslice relativa a la capa de
- 10 protección media (503, 607);
una capa de protección interna (505, 611) conectada a la capa de protección media (503, 607) a través de una capa interna de transformador de energía y de impacto (513, 609), la capa interna de transformador de energía y de impacto (513, 609) que puede hacerse funcionar para absorber energía de las fuerzas mecánicas impartidas sobre la capa media (503, 607) a través de la capa externa (501, 603) y la capa externa de transformador de energía y de
- 15 impacto (511, 605), en donde la capa interna de transformador de energía y de impacto (513, 609) permite a la capa de protección media (503, 607) deslizarse relativa a la capa de protección interna (505, 611), **caracterizado por que** la capa externa de transformador de energía y de impacto (511, 605) comprende un elemento electro-reológico o un elemento magneto-reológico.
- 20 **2.** El casco de la reivindicación 1, en donde la capa de protección externa (501, 603) se construye usando material de mayor resistencia que la capa de protección media (503, 607).
- 3.** El casco de la reivindicación 1, en donde las fuerzas mecánicas incluyen fuerzas de impacto.
- 25 **4.** El casco de la reivindicación 1, en donde las fuerzas mecánicas incluyen fuerzas de rotación y de cizallamiento.
- 5.** El casco de la reivindicación 1, en donde una capa de revestimiento está conectada a la capa de protección interna (505, 611), en donde la capa de revestimiento está configurada para adaptarse a una cabeza humana.
- 30 **6.** El casco de la reivindicación 5, en donde la capa de revestimiento comprende espuma.

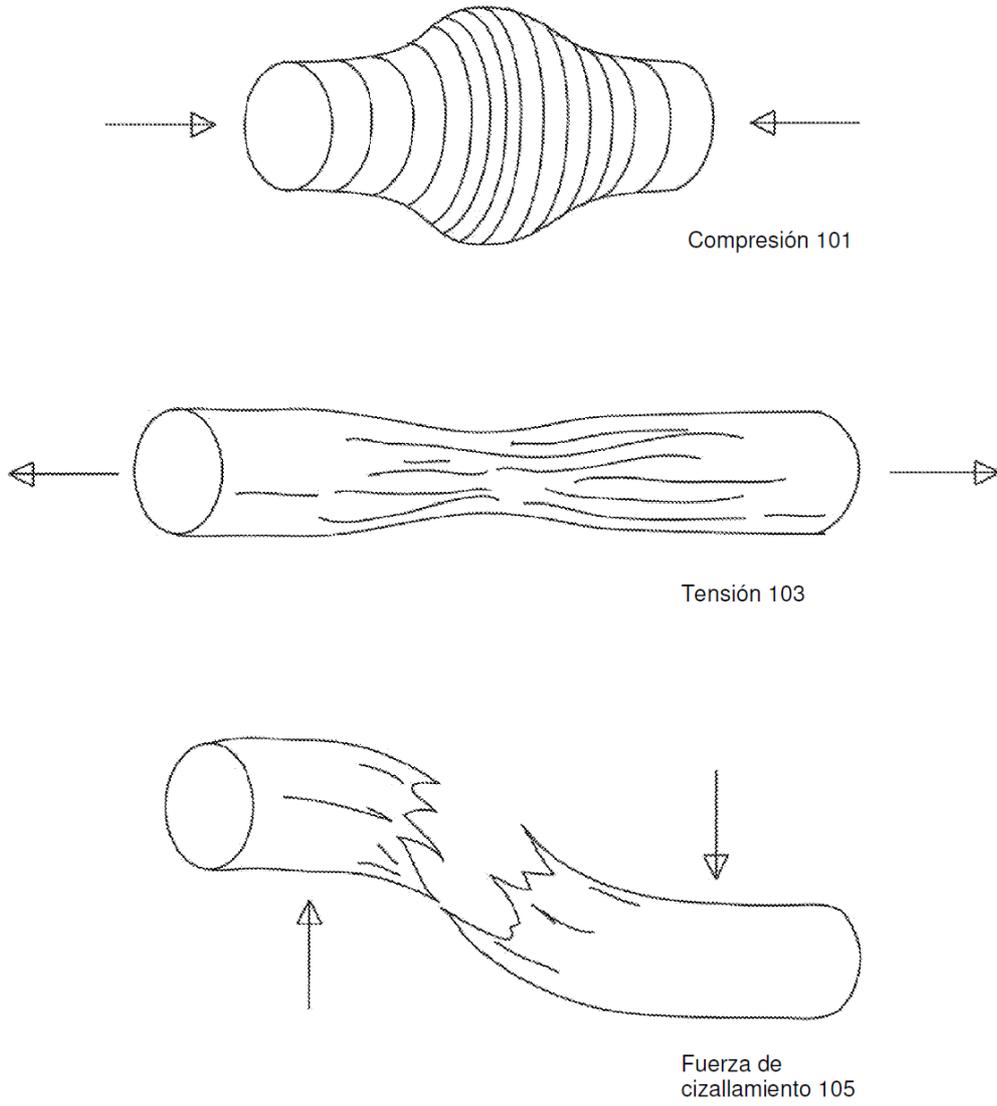


Figura 1

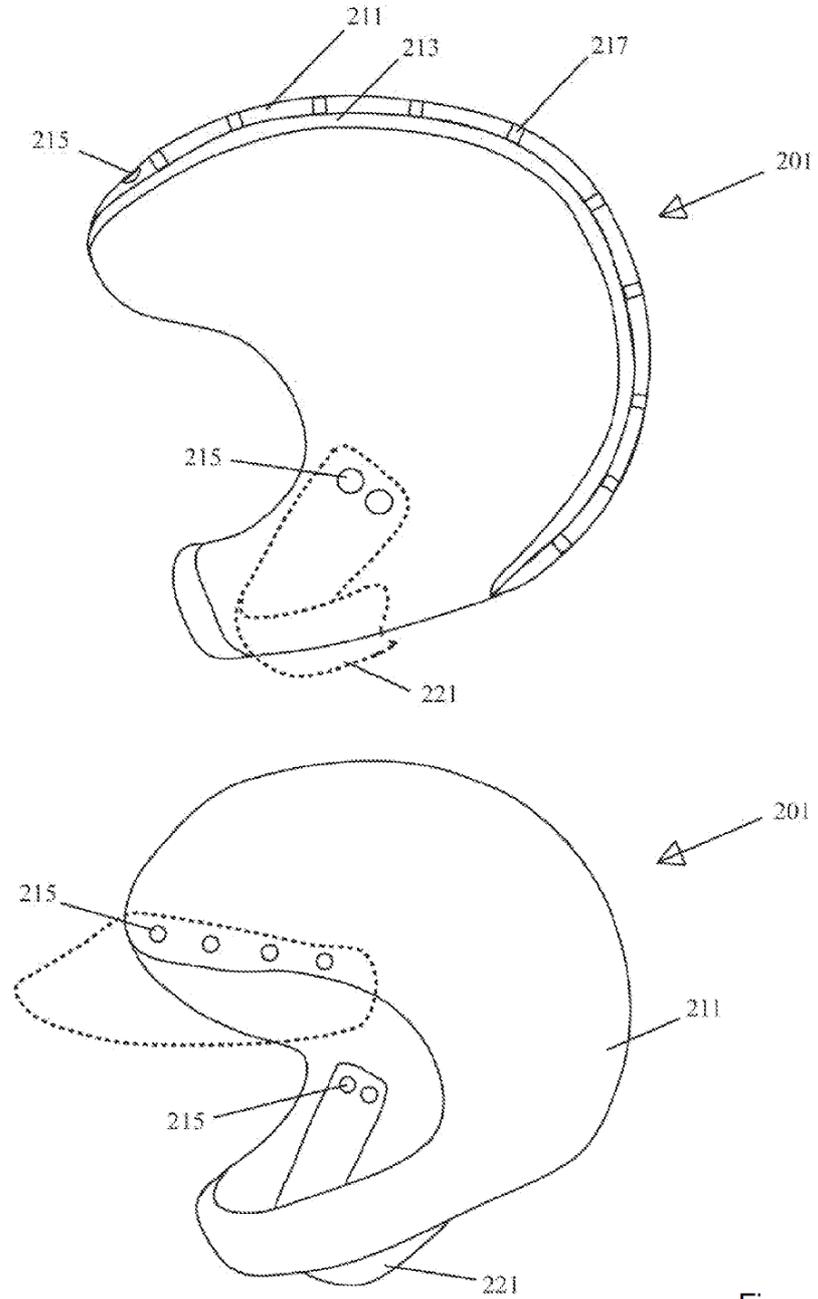


Figura 2

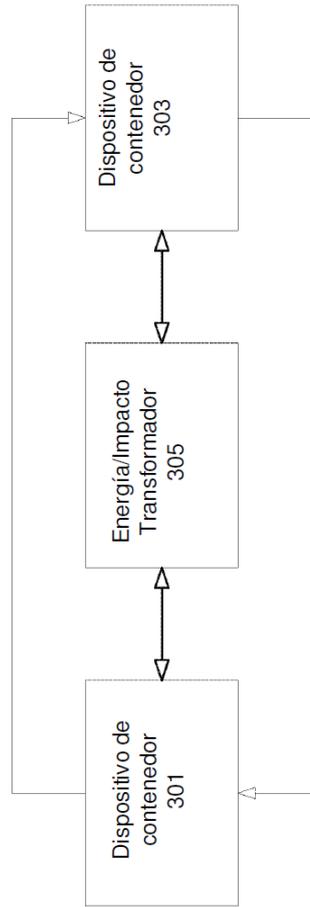


Figura 3



Figura 4

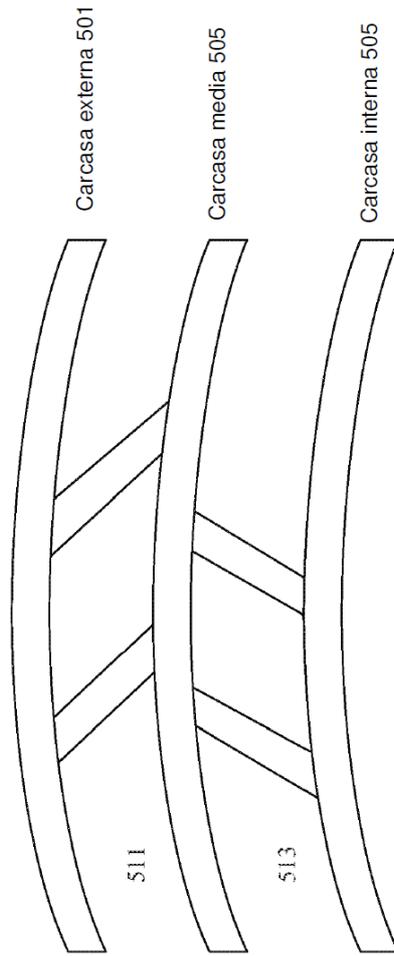


Figura 5

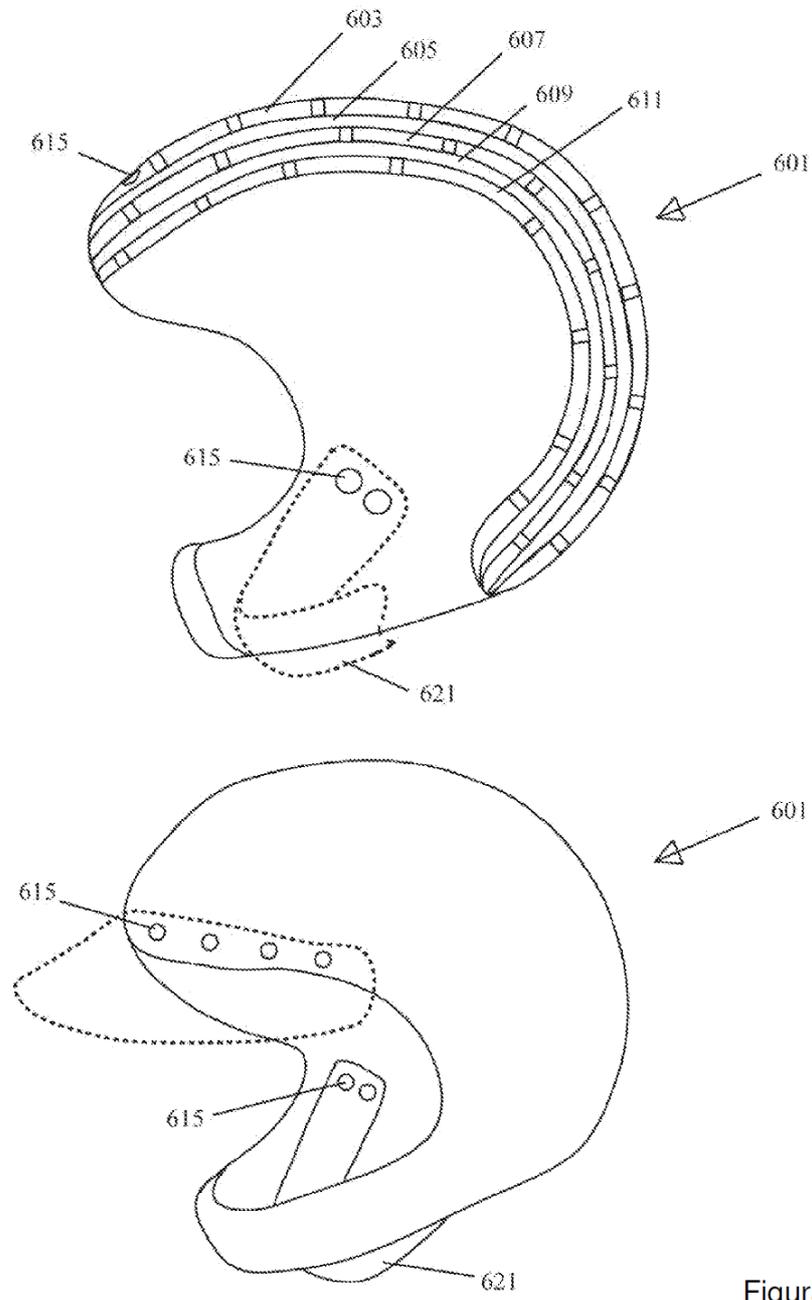


Figura 6