

**CIMENTACIONES DE ENTRAMADO OPTIMIZADAS, ADAPTADORES PARA
CIMENTACIONES DE ENTRAMADO OPTIMIZADAS, Y SISTEMAS Y
MÉTODOS RELACIONADOS**

5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Esto reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional de EE.UU. n.º 62/727.456 presentada el 5 de septiembre de 2018, titulada "PILARES DE CIMENTACIÓN PARA MATRICES SOLARES AXIALES Y SISTEMAS Y MÉTODOS RELACIONADOS", n.º 62/745.188 presentada el 12 de octubre de 10 2018, titulada "CIMENTACIONES CON ESTRUCTURA EN A OPTIMIZADAS PARA MATRICES SOLARES AXIALES Y SISTEMAS Y MÉTODOS RELACIONADOS", n.º 62/777.690, presentada el 10 de diciembre de 2018, titulada "ADAPTADOR CON ESTRUCTURA EN A A MONOPILOTE OPTIMIZADO POR LA FUERZA PARA SEGUIDOR DE EJE ÚNICO", n.º 15 62/796.020, presentada el 23 de enero de 2019, titulada "FUNDAS DE PILOTE, ADAPTADORES Y CONJUNTOS DE ALOJAMIENTO DE COJINETES PARA CIMENTACIONES CON ESTRUCTURA EN A" y n.º 16/413.603 presentada el 16 de mayo de 2019, titulada "CIMENTACIONES DE ENTRAMADO OPTIMIZADAS, ADAPTADORES PARA CIMENTACIONES DE ENTRAMADO 20 OPTIMIZADAS, Y SISTEMAS Y MÉTODO RELACIONADOS " cuyas divulgaciones se incorporan por referencia en el presente documento en su totalidad.

ANTECEDENTES

La energía solar es una de las fuentes de energía potenciales más 25 grandes de la Tierra. Por encima de la atmósfera, la irradiación solar por unidad de área es de 1,361 kilovatios por metro cuadrado. Al nivel del mar, la densidad de energía utilizable se reduce a 250 vatios por metro cuadrado. Usando un modelo bidimensional para aproximar la Tierra, 250 vatios/metro cuadrado* π *6.371.000 metros² produce aproximadamente 32.000 terra 30 (billones) de vatios de energía que golpean continuamente la superficie de la Tierra. Suponiendo que el sol continúe quemando y emitiendo fotones durante mil millones de años más, la supervivencia de la vida humana depende en última instancia de aprovechar esta fuente esencialmente ilimitada de energía limpia.

El principal impedimento para la adopción solar a gran escala hasta ahora 35 ha sido el coste. A diferencia de otras fuentes de energía, los costes de energía

solar se cargan por adelantado mientras que los costes operativos son comparativamente bajos. Las fuentes de energía basadas en combustibles fósiles requieren costes iniciales, así como costes de pago por uso por el consumo de combustible. Desafortunadamente, no todos los costes actuales se reflejan en el precio de la energía generada a partir de fuentes de combustibles fósiles. Estas fuentes de energía "sucias" tienen importantes costes externos derivados de las emisiones de CO₂ que, en ausencia de un impuesto al carbono, no se reflejan en el coste. Además de esta ventaja de costes, las empresas de servicios públicos arraigadas y los productores de combustibles fósiles han presionado eficazmente para obstaculizar el progreso de la energía solar, incluso en los estados con mayor potencial solar.

A pesar de estos factores adversos, el coste de la energía solar ha bajado lo suficiente como para que incluso cuando se combina con el almacenamiento de energía, la energía solar es equivalente o menos costosa que la energía generada a partir del carbón, petróleo e incluso gas natural. En el contexto del mercado de la electricidad, la diferencia del coste relativo entre fuentes competidoras se cuantifica en términos de coste por unidad, normalmente un kilovatio hora (kWh). Las matrices solares a gran escala, las denominadas matrices a "escala de servicios públicos", pueden tener decenas a cientos de megavatios de capacidad de generación de energía, poniéndolos en la misma escala que las pequeñas centrales eléctricas de carbón y gas natural. Estas matrices generan energía que se alimenta a la red y se vende a precios al por mayor del orden de unos pocos centavos por kWh.

El desarrollo de proyectos solares a escala de servicios públicos se financia por lo general mediante contratos de compra de energía (PPA). Con un PPA, un comprador (por ejemplo, un operador de servicios generales, de red, etc.) acuerda comprar toda la energía generada por el sistema a una tasa fija durante la vida operativa de la matriz (por ejemplo, 30 años). Esto permite que un banco u otro inversor valoren con precisión el flujo de ingresos futuro y preste dinero para financiar la construcción de la matriz.

Las plantas de energía solar a escala de servicios públicos se configuran predominantemente como matrices montados en el suelo de inclinación fija o seguidores de eje único. Las matrices de inclinación fija están dispuestas en filas de paneles orientados este-oeste inclinados hacia el sur en un ángulo dictado por la latitud del sitio de la matriz- cuanto más lejos del ecuador, más pronunciado

será el ángulo de inclinación. Por el contrario, los seguidores de eje único se instalan en filas de norte-sur con los paneles solares unidos a un eje giratorio denominado tubo de torsión que mueven los paneles de una orientación este a una orientación oeste durante el transcurso de cada día, siguiendo la progresión del sol a través del cielo. A los fines de esta divulgación, tanto los seguidores de inclinación fija como los de eje único se denominan colectivamente matrices solares axiales.

Excluyendo los costes de adquisición de tierras, los costes generales de las matrices a escala de servicios públicos incluyen la preparación del sitio (construcción de carreteras, nivelación, conexiones de red y agua, etc.), cimentaciones, seguidor o hardware de inclinación fija, paneles solares, inversores y conexiones eléctricas (conducto, cableado, zanjas, interfaz de red, etc.). Muchos de estos han bajado de precio en los últimos años debido a la innovación continua y a las economías de escala, sin embargo, un área que se ha ignorado en gran medida son las cimentaciones. Las cimentaciones proporcionan una interfaz estructural uniforme que acopla el sistema al suelo. Al instalar un seguidor convencional de eje único, después de que se haya preparado el sitio, se hincan normalmente monopilotes verticales en el suelo a intervalos regulares dictados por el fabricante del seguidor y el plano del sitio; los componentes del sistema de seguidor se unen posteriormente a la cabeza de esos pilotes. Más a menudo, los monopilotes utilizados para soportar el seguidor tienen un perfil en forma de H, pero también pueden tener forma de C o incluso de caja. En convencional, las matrices de seguidor de eje único a gran escala, la adquisición y la construcción de las cimentaciones pueden representar hasta el 5-10 por ciento del coste total del sistema. A pesar de esta parte relativamente pequeña del coste total, cualquier ahorro en acero y mano de obra asociado con las cimentaciones representará una cantidad significativa de dinero en una gran cartera de proyectos solares. También, los acuerdos de desarrollo de seguidores a menudo se cierran un año o más antes de que se incurra realmente en los costes de instalación, por lo que cualquier ahorro en cimentación posterior al acuerdo que se pueda realizar se sumará a las ganancias ya incluidas en los cálculos que respaldaron la construcción del proyecto.

Una de las razones por las que los monopilotes siguen dominando el mercado de las cimentaciones de rastreadores de eje único es la simplicidad. Es relativamente fácil hincar monopilotes en el suelo a lo largo de una línea recta

con la tecnología existente, incluso a pesar de que su diseño es inherentemente un desperdicio. La física de un monopilote exige que sea de gran tamaño porque los miembros estructurales individuales no son buenos para resistir las fuerzas de flexión. Cuando se usa para soportar un seguidor de eje único, las fuerzas más grandes sobre la base no provienen del peso de los componentes, sino más bien la fuerza lateral combinada del viento que golpea los paneles solares. Esta fuerza lateral se traduce en la cimentación como un momento flector. La magnitud del momento flector es mucho mayor que la carga estática atribuible al peso de los paneles y componentes del seguidor. Actúa como un brazo de palanca que intenta flexionar el pilote, y cuanto más largo es el brazo de palanca, mayor será la magnitud de la fuerza. Muchas empresas de seguidores especifican una altura mínima de cimentación de 101,6 cm (40 pulgadas) o más. Por lo tanto, en el contexto de los seguidores de eje único, las cimentaciones de monopilotes deben sobredimensionarse e hincarse profundamente en el suelo para soportar cargas laterales.

Una alternativa propuesta a las cimentaciones de monopilotes es utilizar un par de patas en ángulo pronunciado para formar una cimentación con estructura en A o en forma de entramado. una estructura en A tiene la ventaja de convertir potencialmente las cargas laterales debidas al viento que inciden en la matriz en fuerzas axiales de tensión y compresión en las patas, sin embargo, no todas las cimentaciones con estructura en A funcionan igual. El punto en el que las cargas laterales se trasladan a las patas de la estructura en A determinará cómo se distribuyen estas fuerzas y si se introduce un momento flector. También, el ángulo de las patas de la estructura en A con respecto a la horizontal tiene un efecto no lineal sobre la magnitud de las fuerzas de tracción y compresión. Por lo tanto, un objeto de diversas realizaciones de esta divulgación es proporcionar cimentaciones con estructura en A para seguidores de eje único que idealmente eviten la introducción de un momento en la pata de entramado y que limiten e idealmente minimicen la magnitud de las fuerzas de tracción y compresión.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

la Figura 1A es una vista en perspectiva de una porción de un seguidor de eje único convencional soportado por múltiples cimentaciones de monopilotes;

la Figura 1B es un diagrama de fuerza que muestra el efecto de cargas laterales en el seguidor de eje único de la Figura 1A;

las Figuras 2A - 2D muestran varios conjuntos de cojinete comercialmente disponibles que se utilizan con seguidores de eje único soportados sobre cimentaciones de monopilotes;

5 la Figura 3A es una vista en perspectiva de una porción de un seguidor de eje único soportado por múltiples cimentaciones de entramado en forma de estructura en A de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

la Figura 3B es una vista frontal de una de las cimentaciones de entramado con estructura en A mostradas en la Figura 3A;

10 la Figura 3C es una vista frontal parcial de una de las cimentaciones de entramado con estructura en A mostradas en las Figuras 3A y B, que muestra el punto de trabajo de la estructura en A en relación con las patas de la estructura;

la Figura 4A es un diagrama de fuerza que muestra una carga lateral aplicada en diferentes puntos sobre una cimentación en forma de estructura en A;

15 la Figura 4B es un diagrama de fuerza que muestra el efecto de una carga lateral aplicada en el punto de trabajo de una cimentación en forma de estructura en A;

20 la Figura 4C es un diagrama de fuerza que muestra el efecto de una carga lateral aplicada debajo del punto de trabajo de una cimentación en forma de estructura en A;

la Figura 4D es un diagrama de fuerza que muestra el efecto de una carga lateral aplicada encima del punto de trabajo de una cimentación en forma de estructura en A;

25 la Figura 5A es una vista en perspectiva de un adaptador para un seguidor de eje único que orienta las cargas laterales en el punto de trabajo de una cimentación en forma de estructura en A de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

30 la Figura 5B es una vista frontal de un adaptador para un seguidor de eje único que orienta las cargas laterales en el punto de trabajo de una cimentación en forma de estructura en A de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

35 la Figura 6A es una vista frontal de otro adaptador para un seguidor de eje único que orienta las cargas laterales en el punto de trabajo de una cimentación en forma de estructura en A de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

la Figura 6B es un conjunto de cojinete convencional para un seguidor de eje único que se puede utilizar con los adaptadores mostrados en las Figuras 5A/B y 6A;

5 la Figura 7A es una vista en perspectiva de un seguidor de eje único soportado por cimentaciones de entramado de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

la Figura 7B es una vista frontal del seguidor de eje único y la cimentación de entramado de la Figura 7A;

10 la Figura 8A es una vista en perspectiva de un adaptador universal para un seguidor de eje único que orienta las cargas laterales en el punto de trabajo de una cimentación en forma de estructura en A de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

la Figura 8B es una vista frontal del adaptador mostrado en la Figura 8A;

15 la Figura 9A es una vista en perspectiva de otro adaptador universal para el seguidor de eje único que orienta las cargas laterales en el punto de trabajo de una cimentación en forma de estructura en A de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

la Figura 9B es una vista de extremo del adaptador mostrado en la Figura 9A;

20 la Figura 10A es una vista en perspectiva de un adaptador adicional para un seguidor de eje único ascendente que orienta las cargas laterales en el punto de trabajo de una cimentación en forma de estructura en A de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

25 la Figura 10B es una vista en perspectiva de otro adaptador para un seguidor de eje único descendente que orienta las cargas laterales en el punto de trabajo de una cimentación en forma de estructura en A de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

la Figura 10C es una vista frontal del adaptador de la Figura 10A;

la Figura 10D es una vista frontal del adaptador de la Figura 10B;

30 la Figura 11A es una vista frontal del adaptador universal para un seguidor de eje único que orienta las cargas laterales en el punto de trabajo de una cimentación en forma de estructura en A de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

35 la Figura 11B es una vista en perspectiva del adaptador universal de la Figura 11A;

la Figura 11C es una vista frontal de una porción de un seguidor de eje único descendente usado con el adaptador universal de las Figuras 11A y B;

la Figura 11D es una vista en perspectiva de otro seguidor de eje único descendente usado con el adaptador universal de las Figuras 11A y B;

5 la Figura 12A es una vista lateral de un conjunto de alojamiento de cojinetes para su uso con estructura en A de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

la Figura 12B es una vista frontal del conjunto de alojamiento de cojinetes de la Figura 12A;

10 la Figura 12C es una vista en despiece parcial de los componentes del conjunto de alojamiento de cojinetes de la Figura 12A;

la Figura 12D es una vista frontal del conjunto de alojamiento de cojinetes de la Figura 12A con una cimentación de entramado que alinea el eje de giro con el punto de trabajo del entramado de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

15 la Figura 12E es una vista frontal de una porción de un seguidor de eje único descendente que usa el conjunto de alojamiento de cojinetes de la Figura 12A y de la cimentación de entramado de acuerdo con diversas realizaciones de la invención; y

20 la Figura 13 es una vista de extremo de un adaptador de cojinete de acuerdo con diversos ejemplos de realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La siguiente descripción está destinada a transmitir una comprensión profunda de las realizaciones descritas proporcionando una serie de realizaciones específicas y detalles que involucran cimentaciones con estructura en A utilizadas para soportar seguidores solares de eje único. Debe apreciarse, sin embargo, que la presente invención no está limitada a estas realizaciones y detalles específicos, que son solo ilustrativas. Se entiende además que un experto en la materia a la vista de los sistemas y métodos conocidos, apreciaría el uso de la invención para los fines previstos.

30 Como se ha comentado en los antecedentes, cuando un seguidor de un eje se soporta en cimentaciones de monopilotes, las cargas laterales inducidas por el viento que golpea la matriz generan grandes momentos flectores que deben ser resistidos por la cimentación. La Figura 1A muestra una porción del seguidor de eje único 100 soportado por cimentaciones de monopilotes

alineados 110. El seguidor 100 en esta Figura consiste en paneles solares 140, unidos al tubo de torsión 130 mediante brazos de panel 135. El tubo de torsión 130 se captura dentro de múltiples conjuntos de cojinete alineados 120 que están unidos cada uno sobre los respectivos monopilotes 110. Los monopilotes 110
 5 que se muestran en el presente documento son pilotes en H, aunque otros tipos, incluyendo canal C y perfil en caja, pueden utilizarse. Aunque no se muestra en la figura, un pilote soportará también normalmente un motor de accionamiento o conjunto de engranajes que acciona el tubo de torsión 130. También, las interconexiones eléctricas entre los paneles solares 140 se han omitido
 10 intencionadamente. En condiciones del mundo real, los paneles adyacentes 140 se conectarían en serie para formar cadenas de corriente continua (CC) de alta tensión que se alimentan a una o más cajas combinadoras y/o inversores.

El seguidor de eje único 100 es un diseño ascendente convencional en el que el conjunto de cojinete 120 se asienta sobre el pilote 110 y el tubo de torsión
 15 130 gira dentro del cojinete circular 120 alrededor de su propio eje. Como se muestra y analiza con mayor detalle en el presente documento, otros sistemas de seguimiento emplean un diseño descendente en el que el tubo de torsión cuelga de un pasador de cojinete en un alojamiento de cojinetes de modo que el tubo de torsión puede recorrer un intervalo de ángulos como un péndulo. Se
 20 desvela uno de tal seguidor descendente, por ejemplo, en la patente de EE.UU. n.º 10.222.446, incorporada en su totalidad en el presente documento por referencia. En tales sistemas, el motor de accionamiento está desplazado de modo que el eje de giro del seguidor se desplace de la porción del tubo de torsión accionada por el motor. Las diversas realizaciones de la invención son
 25 compatibles con seguidores de eje único ascendentes y descendentes.

La Figura 1B es un diagrama de fuerzas que muestra el efecto de las cargas laterales en un seguidor de eje único que está soportado por cimentaciones de monopilotes. La carga lateral F_L imparte un momento flector M en cada cimentación. El punto de aplicación de esta fuerza es el punto en el que
 30 el eje de giro, en este caso, el tubo de torsión, se fija al pilote (por ejemplo, en el conjunto de cojinete). La magnitud del momento resultante M es equivalente a la magnitud de la fuerza F_L multiplicado por la altura H sobre el punto en el que la cimentación está anclada al suelo. Si el pilote se extiende 1,22 m (cuatro pies) sobre el suelo, como es común en la industria, y la carga lateral es equivalente
 35 a 1,14 toneladas (2.500 libras), el momento resultante $M = 2500 \times 4$ o 44,48 kN

(10.000 lb./ft.). Por lo tanto, para lograr la calificación estructural necesaria, los pilotes utilizados para soportar la matriz deben estar clasificados para resistir un momento de este tipo y deben estar lo suficientemente hundidos para permanecer inmobilizados cuando se someten a un momento de este tipo. Esto requiere el uso de un monopilote fuerte, como el pilote en H W6x9 o W6x12 de uso común, que tiene una pestaña de 15,24 cm (seis pulgadas) y 4,08 o 5,44 kg (nueve o doce libras) de acero respectivamente por 30,48 cm (pie) lineal, con hasta 152,4 a 213,36 cm (cinco a siete pies) de empotramiento bajo tierra.

La Figura 2A muestra una porción de un seguidor genérico de eje único. La porción que se muestra en la Figura incluye la conexión de tubo de torsión a cojinete a pilote representativa de uno de los muchos sistemas de seguidor de eje único diferentes disponibles en la actualidad. En este ejemplo, el seguidor está sostenido por un pilote en H vertical 110. El conjunto de cojinete 120 se fija directamente a la banda del pilote 110 con dos pernos de modo que el cojinete se extienda por encima del pilote. Para facilitar la ilustración, en la Figura solo se muestra un pilote. En un sistema completo, se colocarían varios pilotes en H a lo largo de una fila orientada de norte a sur en las ubicaciones especificadas por el fabricante del seguidor y/o en el plano del sitio. El extremo superior de cada pilote 110 puede tener una serie de orificios o ranuras pretaladrados en la banda o pestañas para permitir que el conjunto de cojinete se fije con pernos, remaches u otras sujeciones mecánicas adecuadas convencionales. Como se usa en el presente documento, la expresión "conjunto de cojinete" se usa genéricamente para referirse a un cojinete o conjunto de cojinete u otro dispositivo que proporciona un cojinete cilíndrico para recibir un miembro giratorio. El miembro giratorio puede ser un tubo de torsión, o, en otros casos, un pasador de cojinete del que se suspende el tubo de torsión.

La Figura 2B muestra otro conjunto de cojinete para un seguidor de eje único ascendente. Este conjunto consiste de una funda de pilote 121 y un cojinete 122, en este caso una porción del seguidor de eje único DURATRACK HZ de ARRAY TECHNOLOGIES, INC. de Albuquerque, NM. La funda de pilote 121 y el cojinete 122 se denominan colectivamente conjunto de cojinete. El conjunto está dimensionado para encajar sobre un pilote en H de pestaña ancha estándar, tal como W6x9 o W6x12, ambos tienen una profundidad de banda de aproximadamente 15,24 cm (seis pulgadas). El conjunto puede venir preensamblado como una sola pieza, de modo que los instaladores solo

necesitan atornillar la funda de pilote 121 a los orificios pretaladrados en las pestañas para completar la instalación. Como alternativa, estos elementos 121, 122 pueden unirse *in situ* de modo que la posición del cojinete 122 se pueda ajustar en el plano de Este-Oeste así como verticalmente para alinear el cojinete 122 con los otros cojinetes en la misma fila.

La Figura 2C, muestra otro conjunto de cojinete 123 para un seguidor descendente. Este seguidor fue fabricado y vendido originalmente por NEXTRACKER de Fremont, CA con el nombre comercial NX Series. Como el pilote de las Figuras 2A y B, el pilote 110 que se muestra aquí es un pilote en H W6x9 o 6x12 convencional, sin embargo, a diferencia de los seguidores que se muestran en 2A y 2B, el seguidor de eje único de NEXTRACKER tiene un diseño descendente que pretende estar mecánicamente equilibrado. El eje de giro y el motor de accionamiento están desplazados del eje principal del tubo de torsión para que no haya un momento de vuelco en el sistema independientemente de la orientación de los paneles (por ejemplo, de Este a Oeste). De acuerdo con el fabricante, esta característica reduce la cantidad de torsión requerida para girar el tubo de torsión. En el sistema, esto se logra colgando el tubo de torsión 130 del soporte 124 de la abrazadera del tubo de torsión a través de las secciones 131A/B de la abrazadera del tubo suspendidas del pasador de cojinete 125. En lugar de girar sobre su propio eje, el tubo de torsión 130 oscila a través de un arco alrededor del pasador de cojinete 125 mientras el seguidor se mueve de Este a Oeste. Esto requiere una autorización adicional en las direcciones Este y Oeste que, en este sistema, se proporciona mediante el soporte 124 de la abrazadera. El soporte 124 de abrazadera que se muestra aquí se fija a la banda del pilote en H 110 con una porción de montaje vertical análoga al conjunto de cojinete genérico 120, Figura 2A. Los extremos del pasador de cojinete 125 se reciben dentro de los respectivos rebajes formados en la abrazadera 131A/B del tubo de torsión de dos piezas en la Figura. Las porciones de la abrazadera 131A/B del tubo de torsión que se acoplan al tubo de torsión 130 están curvadas para coincidir con la geometría exterior curva del tubo y se fijan al tubo mediante pernos que pasan a través de orificios pretaladrados en las secciones de la abrazadera y en el tubo. A medida que el motor de accionamiento aplica torsión al tubo, el conjunto de tubo y abrazadera gira alrededor del pasador de cojinete 125 dentro del espacio definido por el soporte 124 de la abrazadera.

La Figura 2D, muestra una versión más reciente de una porción del

seguidor NEXTRACKER de la serie NX. Esta versión reemplaza el conjunto de 2C con soporte de abrazadera 126 del tubo de torsión en forma de U que descansa sobre brazos en ángulo recto 127. Los brazos en ángulo recto 127 están atornillados a la superficie exterior de las pestañas del pilote en la cabeza del pilote 110 a través de orificios pretaladrados en cada pestaña. Los brazos 127 se extienden a lo ancho del pilote 110 y proporcionan una superficie de soporte horizontal, plana para que descansen las patas del soporte de abrazadera 126 del tubo de torsión. Como se muestra, cada pata tiene un perno que sobresale de la misma y que atraviesa la superficie horizontal de uno de los brazos 127 respectivos para asegurar el soporte 126 al pilote 110. Las patas tubulares del soporte 126 se proyectan hacia arriba alejándose de las patas y se curvan 90 grados entre sí, definiendo una forma de U invertida. Un cojinete está ubicado en el centro del soporte de abrazadera 126 que recibe el pasador de cojinete 128. Las mitades respectivas del conjunto de abrazadera 131A/B del tubo de torsión hacen girar el pasador de cojinete de acoplamiento 128 para permitir que el tubo de torsión oscile en un arco. En el sistema NEXTRACKER, se colocan también pernos en U alrededor del tubo de torsión 130 para sujetar los brazos 135 del módulo al tubo. El borde de dos módulos fotovoltaicos 140 adyacentes se une a cada brazo 135 del módulo para asegurarlos al tubo 130. Aunque cada uno de los sistemas de seguidor y conjuntos de cojinete que se muestran en las Figuras 2A-2D asume una cimentación de monopilote, vertical, nada en el diseño de estos sistemas requiere una cimentación de este tipo.

Los inventores y el solicitante de esta divulgación han propuesto una alternativa a las cimentaciones de monopilotes verticales que tiene como objetivo reducir significativamente la cantidad total de acero necesaria para soportar los seguidores de eje único y otras matrices solares axiales. Este sistema de cimentación alternativo, conocido comercialmente como EARTHTRUSS™, consiste en un par de patas moderadamente inclinadas configuradas como una estructura en A o entramado que se extienden por encima y por debajo del suelo y se unen en el vértice con un adaptador, conjunto de cojinete u otro elemento de soporte del tubo de torsión. Las patas están sustancialmente alineadas en el tubo de torsión en lugar de desplazarse entre sí en el eje del tubo de torsión. Dicho de forma diferente, una línea imaginaria a través de sus respectivos centros de masa interseca en un punto que se superpone con el eje de giro del seguidor. La arquitectura de entramado ofrece varias ventajas sobre las

cimentaciones de monopilotes convencionales. En primer lugar, si está diseñado correctamente, la estructura en A traducirá las cargas laterales en fuerzas axiales de tensión y compresión en las patas en lugar de flexionarse. Los miembros estructurales individuales son deficientes para resistir la flexión, pero
5 relativamente buenos para resistir las fuerzas axiales. la estructura en A o entramado dirige las cargas laterales a lo largo del eje de las patas en el que se aplica mejor. Por lo tanto, el tamaño y calibre del acero que compone las patas puede ser mucho más pequeño que un monopilote equivalente. También, sin necesidad de resistir la flexión, las patas no necesitan hundirse tan
10 profundamente como los monopilotes convencionales. Esto ahorra acero pero también reduce la probabilidad de encontrar un rechazo. Un rechazo ocurre cuando los impactos adicionales de un martinete no dan como resultado un empotramiento adicional del pilote. Habitualmente, este es el resultado de golpear rocas o suelos cementosos y requiere un proceso de mitigación costoso
15 que requiere mucha mano de obra. Los pilotes menos profundos se hincan, menos probable es que se encuentren con rocas o suelo cementoso.

Pasando a continuación a la Figura 3A, esta Figura muestra un sistema de seguidor de eje único 200 y una cimentación de entramado de acuerdo con diversos ejemplos de realización de la invención. El seguidor de eje único que
20 se muestra aquí es como el de la Figura 1A pero está soportado por cimentaciones de entramado o en forma de estructura en A alineadas 200 en lugar de monopilotes. Cada cimentación de entramado 200 consiste en un par de patas adyacentes 210 que se extienden por debajo y por encima del suelo en ángulos entre sí de modo que son sustancialmente simétricas con respecto al
25 tubo de torsión. Las patas 210 se pueden golpear contra el suelo con un martinete, girarse en el suelo con un controlador giratorio, empujarse en el suelo o accionarse de otra forma. También, pueden consistir en un solo miembro o múltiples miembros interconectados que definen un eje común. Las cimentaciones de entramado 200 se instalan a lo largo de una fila Norte-Sur a
30 intervalos regulares especificados por el fabricante del seguidor. Los extremos libres sobre el suelo de cada pata 210 se unen con un adaptador tal como el adaptador 220 y el conjunto de cojinete 230 se asienta sobre el adaptador. El tubo de torsión 130 pasa a través del cojinete de cada conjunto de cojinete 230.

La Figura 3B es una vista de extremo del seguidor de 3A que muestra la
35 geometría de las patas 210 y 3C muestra el impacto de las cargas laterales en

las patas. Se ha dibujado una línea imaginaria a través del centro de masa de cada pata 210 del entramado en 3B para mostrar su punto de intersección. En la Figura 3C, el hardware del vértice (por ejemplo, tubo de torsión, paneles, etc.) se ha eliminado para proporcionar más detalles. La cimentación ha sido diseñada de modo que el eje de giro del seguidor, en el caso de las Figuras 3A y B, el eje principal del tubo de torsión - está alineado con precisión con el punto de trabajo de la estructura en A.

El modo de falla principal de una cimentación con estructura en A es el pandeo. Para una pata determinada, la propensión a pandearse se verá afectada por el ángulo en el que se orienta la pata con respecto a la horizontal y la ubicación del eje de giro con respecto al punto de trabajo de la estructura en A. Respecto a lo anterior, los armazones en A moderadamente inclinados (por ejemplo, patas inclinadas menos de $\pm 72,5$ grados con respecto a la horizontal) experimentan fuerzas de tensión y compresión mucho más bajas que las inclinadas más pronunciadas para una carga lateral determinada. Esto se debe al hecho de que la carga lateral se traduce en fuerzas de tracción y compresión a razón de $1/(2 \cdot \cos(\theta))$ en las que θ es el ángulo de las patas de la estructura en A. El intervalo preferido de ángulos de las patas con respecto a la horizontal es entre 55 grados y poco menos de 72,5 grados, idealmente 65 grados o menos. Una carga lateral de 1,13 Ton (2.500 libras) se traducirá en fuerzas de tensión y compresión en las patas de 1,13 Ton (2.500 libras) cada una a 60 grados, 1,34 Ton (2957 libras) a 65 grados y 1,89 (4156) a 72,5 grados. A 75 grados, esta fuerza salta hasta 2,19 Ton (4.829 libras) y continúa aumentando exponencialmente hacia el infinito a medida que el ángulo de la pata se acerca a 90 grados, por lo tanto, se prefieren ángulos moderados por debajo de 72,5 grados. Debido a la dificultad para medir los ángulos de las patas de entramado y a la posibilidad de que las patas estén orientadas en diferentes ángulos, una mejor medida si el ángulo de separación de las patas en el vértice fijado por el adaptador. Los ángulos de las patas preferidos corresponden a los ángulos de vértice preferidos por encima de 35 grados.

En cuanto a la alineación con el punto de trabajo, cada estructura en A o entramado tiene un punto ideal para resistir cargas laterales que lo mantiene en pura tensión y compresión en lugar de una combinación de eso y flexión. Ese punto ideal es la intersección de una línea imaginaria que se extiende a través del centro de masa de cada pata al que aquí se hace referencia como punto de

trabajo. Para un ángulo de la pata y/o un ángulo superior determinados y la profundidad de empotramiento requerida, el punto de trabajo se conocerá. Por lo tanto, la porción de las patas de la estructura en A que se extiende hacia el suelo debe conducirse teniendo en cuenta el punto de trabajo de modo que cada

5 pata apunte al punto de trabajo. Si este fuese el caso, una línea que se extiende a través del centro de masa de cada pata se extenderá hasta un punto común de intersección sobre el suelo o un área tridimensional en el espacio libre que debe superponerse con el eje de giro del seguidor. En el caso de un seguidor ascendente en el que el tubo de torsión gira sobre su propio eje, el tubo de torsión

10 debe pasar a través del punto de trabajo de cada estructura en A o cimentación de entramado que lo soporte. En el caso de un seguidor descendente, el eje del pasador de cojinete alrededor del que gira el tubo de torsión debe pasar por el punto de trabajo.

Continuando con la referencia a las Figuras 3B y C, estas Figuras

15 muestran una cimentación de entramado en forma de estructura en A 200 de acuerdo con diversas realizaciones de la invención. La cimentación de entramado 200 consiste en patas 210 formadas a partir de anclajes de tornillo 211 acoplados a las patas superiores 212 respectivas. Los anclajes de tornillo 211 mostrados aquí incluyen una forma de rosca que comienza en su extremo

20 subterráneo y que se extiende a lo largo del eje del anclaje. Se giran hacia el suelo en ángulo entre sí con un controlador giratorio.

En este ejemplo de sistema, una pata superior se fija al extremo superior de cada anclaje de tornillo. En otras realizaciones, el anclaje de tornillo 211 y la pata superior 212 pueden consolidarse en un solo miembro estructural. Como se

25 muestra, las patas superiores 212 se extienden a lo largo del mismo eje como sus anclajes de tornillo 211 respectivos (es decir, están orientados sustancialmente en el mismo ángulo), proyectándose hacia arriba a lo largo de ese eje en el espacio libre. Los anclajes de tornillo 211 y las patas superiores 212 se pueden acoplar entre sí utilizando un acoplador separado, tornillos de

30 ajuste, remaches, pernos, anidando uno dentro del otro, mediante características macho/hembra recíprocas formadas en ambos o, mediante alguna combinación de estas técnicas. Después de unir los anclajes de tornillo 211 y las patas superiores 212, un adaptador, sillín u otra estructura 215 se une a los extremos libres para completar la cimentación de entramado en forma de A 200 y para

35 proporcionar una plataforma para unir los componentes de soporte del tubo de

torsión.

Si los pilotes se hincan sustancialmente en el mismo ángulo (por ejemplo, ± 60 grados), apuntarán a un punto de intersección imaginario en el espacio libre. Las líneas imaginarias que se extienden a través del centro de masa de cada

5 pata, en este caso el medio de cada una, que se muestran como líneas discontinuas en la Figura 3B, intersecan en el punto de trabajo de la estructura en A. La ubicación del punto de trabajo en relación con el suelo variará con el ángulo θ de la pata de entramado/ángulo superior α , así como con el espacio

10 pronunciado sea el ángulo de la pata/menor será el ángulo superior, o cuanto más separados estén los anclajes de tornillo cuando se hincan en el suelo, más alto será el punto de trabajo.

Es importante tener en cuenta que en un seguidor de eje único, las fuerzas se trasladan a la cimentación a través del eje de giro del sistema (es decir, el

15 punto en el que las partes giratorias giran alrededor o dentro). En la mayoría de los sistemas de seguidor de eje único, en los que un tubo de torsión se captura dentro de un cojinete circular, el propio tubo de torsión define el eje de giro. Las fuerzas laterales se transfieren a la cimentación directamente a través del conjunto de cojinete que rodea el tubo. Sin embargo, como se ha descrito en el

20 contexto de las Figuras 2C y D, en el seguidor de eje único NEXTRACKER, el tubo de torsión está desplazado del eje de giro. El tubo está unido a una abrazadera de tubo que cuelga de un punto de bisagra formado en un soporte de abrazadera del tubo de torsión. Como resultado, el eje de giro está sobre el

25 eje de la bisagra, no en el propio tubo. Independientemente del cuál estilo de seguidor de eje único se admita, cuando se soporta en un entramado en forma de estructura en A, idealmente, el eje alrededor del que se produce el giro debe pasar por el punto de trabajo. De lo contrario, se introducirá cierta flexión en respuesta a las cargas laterales, requiriendo que las patas de entramado sean

30 más fuertes. Usar más metal para construir las patas es contrario al objetivo de reducir el acero y niega algunos de los beneficios de un entramado en relación con los monopilotes. Debido a que este problema es exclusivo de las cimentaciones con estructura en A, no es uno para el que los fabricantes de seguidores hayan tenido que diseñarlo, sin embargo, incluso aquellos que han

35 propuesto cimentaciones con estructura en A para seguidores de eje único no han reconocido la importancia del punto de trabajo para reducir e idealmente

eliminar los momentos.

La Figura 4A es un diagrama que muestra tres fuerzas diferentes que influyen en el entramado en forma de A 200 y las Figuras B-D son diagramas de fuerza que ilustran el efecto de estas cargas laterales respectivas. La Figura 4A muestra cargas laterales etiquetadas como F_1 , F_2 y F_3 aplicadas en diferentes puntos del entramado 200. La fuerza F_1 se aplica con precisión en el punto de trabajo, mientras que la fuerza F_2 se aplica debajo del mismo y la fuerza F_3 se aplica por encima. Como se expone en el presente documento, las cargas laterales se trasladan en las patas de entramado a través del eje de giro del seguidor. Cuando el eje está alineado con el punto de trabajo, como se muestra en 4B, la carga se traduce perfectamente en tensión en la pata a barlovento y en compresión en la pata a sotavento. Esto puede provocar cierta desviación en el vértice o en el punto de trabajo, pero no tenderá a pandear el entramado. Más bien, el modo de falla será sacar la pata a barlovento y enterrar aún más la de sotavento contra las fuerzas de fricción superficial y cualquier área superficial ortogonal al anclaje de tornillo que resista estas fuerzas.

Por el contrario, las Figuras 4C y 4D ilustran los modos de falla cuando el eje de giro está desplazado del punto de trabajo. En 4C, el eje se coloca debajo del punto de trabajo. Esto hace que la pata a barlovento sea vulnerable a deformarse hacia dentro en respuesta. Para compensar, la pata a barlovento debe estar reforzada (por ejemplo, mayor diámetro, más acero, etc.). De forma similar, en 4D, el eje de giro está por encima del punto de trabajo. En este caso, la carga lateral imparte un momento que tiende a pandear la pata a sotavento. Para evitar esto, la pata a sotavento debe reforzarse. Bajo este reconocimiento, y para minimizar el uso de material, diversas realizaciones de la invención proporcionan una cimentación de entramado o estructura en A para seguidores de eje único que soporta el tubo de torsión de modo que su eje de giro esté alineado con, o se pueda ajustar para alinear, con el punto de trabajo de la estructura en A.

El resto de la divulgación se refiere a diversos ejemplos de realización de adaptadores, elementos de soporte del tubo de torsión y conjuntos de cojinete que se utilizan para lograr la alineación del eje de giro de un seguidor de eje único con el punto de trabajo de la cimentación de entramado. Comenzando con las Figuras 5A y B, estas Figuras son vistas en perspectiva y frontal, respectivamente, del adaptador universal 300 de acuerdo con diversos ejemplos

de realización de la invención. El elemento 300 se conoce por lo general como un adaptador porque une las patas de un sistema de cimentación con estructura en A o entramado al tiempo que proporciona una interfaz mecánica al seguidor que coincide con la geometría de la pestaña del pilote en H y la parte superior de la banda para la que se diseña la fijación de la mayoría de los seguidores de eje único. Como consecuencia, el adaptador 300 de acuerdo con las Figuras 5A y B pueden utilizarse con cualquiera de los sistemas de seguidor de la técnica anterior mostrados en las Figuras 2A-D e incluso con otros sistemas de seguidor de eje único no mostrados en la divulgación. El cuerpo principal del adaptador 300 se muestra con una sección de pilote en H (por ejemplo, W6x9) con pestañas opuestas 310 interconectadas por la banda 320. Los orificios de montaje 312, 322 y 323 están formados en las pestañas 310 y la banda 320 respectivamente. Las porciones de conexión 330 se proyectan hacia abajo y hacia fuera de cada pestaña 310 a cada lado. En diversas realizaciones, las porciones de acoplamiento 330 se proyectan hacia abajo simétricamente en ángulos β entre sí (por ejemplo, +20 grados y -20 grados) con respecto a la vertical, que en esta Figura es la superficie externa de cada pestaña 310. En otras palabras, el ángulo entre las porciones de conexión 330 es 2β . En diversas realizaciones, los ángulos β de las porciones de acoplamiento 330 pueden estar dentro de un intervalo de más de $\pm 17,5$ a ± 35 grados con respecto a la vertical para coincidir con el ángulo de entramado de las patas de la estructura en A. Como alternativa, el ángulo entre las porciones de conexión puede ser de más de 35 grados hasta 70 grados. Por ejemplo, si las patas están orientadas a ± 60 grados con respecto a la pendiente horizontal o nivelada, las porciones de conexión 330 se extenderán hacia abajo en un ángulo β de ± 30 grados con respecto a las pestañas verticales 310, lo que significa que el ángulo entre las porciones de conexión 330 es de 60 grados. En diversas realizaciones, para un ángulo β dado de la porción de conexión, las patas de la estructura en A pueden tener un ángulo con respecto a la horizontal en un ángulo equivalente a ± 90 grados menos β de modo que los pilotes receptores y de extensión se extiendan sustancialmente a lo largo del mismo eje.

Como se muestra, el ejemplo de adaptador 300 de las Figuras 5A y B tienen tres conjuntos separados de características de fijación para fijar los elementos de soporte del tubo de torsión. El primero está formado como ranuras verticales 323 que bisecan la banda, el segundo, mostrado como orificios

distribuidos 312 en cada pestaña, y el tercero, formado también en la banda, como orificios 322 que se colocan ahorcadas en conjunto 323. Debería apreciarse que esta configuración es solo a modo de ejemplo y que en diversas realizaciones, cada conjunto de características puede consistir en ranuras
5 verticales, ranuras horizontales, u orificios y que menos, más o combinaciones de estas características se pueden usar. El concepto de unificación de estas variaciones potenciales es que el adaptador 300 completa la estructura en A al tiempo que proporciona múltiples conjuntos de características de fijación para adaptarse a diferentes sistemas de seguidor, de modo que las patas de
10 entramado apunten al punto de trabajo y que el eje de giro pase también a través de este punto de trabajo.

La Figura 5B es una vista frontal del adaptador 300. las líneas discontinuas trazadas paralelas a la superficie exterior de cada pata superior 212 muestran la ubicación del punto de trabajo con respecto a las patas superiores
15 212. Las características de fijación 312, 322, 323 permiten ajustar la altura del conjunto de cojinete u otro elemento de soporte del tubo de torsión hasta que el eje de giro esté alineado con el punto de trabajo. Como se expone en el presente documento, esto es importante para mantener el entramado en tensión y compresión mientras minimiza e idealmente elimina cualquier momento flector.

Debería apreciarse que al instalar un adaptador como el adaptador 300 en las Figuras 5A/B, se puede usar un nivel láser y una plantilla para asegurar que la altura del adaptador con respecto al suelo oriente el eje de giro del conjunto de cojinete previsto con el punto de trabajo. La plantilla puede incluir un objetivo láser y extenderse por encima del adaptador una distancia que coincida
20 con la geometría del eje de giro del conjunto de cojinete previsto de modo que cuando un equipo de instalación del seguidor comience la instalación posterior a la cimentación, su conjunto de cojinete o elementos de soporte del tubo de torsión ya estarán elevados a la altura adecuada. Idealmente, solo serán necesarios ajustes horizontales porque el eje de giro ya estará centrado a la
25 altura del punto de trabajo. Cuando el láser indica que la plantilla está en el objetivo, la conexión entre las patas superiores y el adaptador se puede bloquear en su lugar mediante engarzado, tornillos de ajuste, pernos, manguitos u otro mecanismo de sujeción adecuado o sus equivalentes funcionales.

El adaptador 300 mostrado en las Figuras 5A/B se muestra con la forma
35 de un pilote en H con características soldadas tales como las porciones de

acoplamiento 330 y, por lo tanto, requiere un proceso de laminado en caliente. Los procesos de laminado requieren una gran cantidad de energía para calentar el metal lo suficiente como para poder trabajarlo de una barra a una viga bajo la presión de los rodillos. Debería apreciarse que pueden usarse otros diseños para
5 lograr la misma geometría. Por ejemplo, en algunos casos, puede ser deseable conseguir los beneficios del adaptador 300 de las Figuras 5A/B con un adaptador fabricado mediante un proceso de fabricación intensivo que consume menos energía. Para ese fin, la Figura 6A muestra un adaptador que se fabrica a partir de estampado o una combinación de estampado y soldadura en lugar de
10 laminado en caliente.

El adaptador 400 de la Figura 6A se muestra como un cuerpo trapezoidal sustancialmente plano 410 con porciones laterales en ángulo 415 configuradas como secciones de medio tubo simétricas en ángulos en ángulos recíprocos (por ejemplo, ± 30 grados) con respecto a la vertical. En algunas realizaciones, las
15 porciones laterales en ángulo 415 pueden estamparse en la misma pieza de chapa metálica que el cuerpo trapezoidal 410. En otras realizaciones, las porciones laterales 415 pueden soldarse a los bordes izquierdo/derecho respectivos del cuerpo trapezoidal 410. En diversas realizaciones, las porciones laterales 415 pueden estar orientadas en ángulos en un intervalo de más de
20 $\pm 17,5$ grados hasta 35 grados con respecto a la vertical para coincidir con el ángulo elegido de las patas de entramado. Dicho de otra forma, las porciones laterales 415 pueden separar las patas de entramado de modo que queden en ángulo entre sí en más de 35 grados hasta 70 grados.

Como se muestra, el cuerpo trapezoidal 410 está configurado como una
25 banda con orificios de fijación para fijar un cojinete del tubo de torsión o, como ocurre en este caso, la placa de montaje ajustable 420. La placa de montaje 420 reproduce la geometría de una banda del pilote en H pero también extiende el cuerpo principal 410 en la dirección vertical, permitiendo que la altura de cualquier conjunto de cojinete fijado al mismo se ajuste verticalmente para
30 alinear el eje de giro de ese conjunto con el punto de trabajo de la estructura en A. En otras realizaciones, el conjunto de cojinete o el elemento de soporte del tubo de torsión se puede fijar directamente al miembro trapezoidal 410 sin la placa de montaje ajustable 420. En diversas realizaciones, el extremo libre de cada pata de entramado encajará en las secciones de medio tubo 415. Las
35 fundas tubulares 416 se pueden atornillar a través de las patas con los pernos

417, completando el entramado. Las fundas 416 en la Figura 6A se muestran con orificios pasantes para pasar los sujetadores a través de cada pata superior 212, sin embargo, debe apreciarse que en otras realizaciones las fundas tubulares pueden incluir pestañas planas que se extienden más allá de cualquier lado de las porciones curvas que se acoplan con una pestaña coincidente en las porciones laterales curvas 415 y/o en el cuerpo trapezoidal 410 para recibir sujetadores mecánicos que los mantienen juntos. Esto puede eliminar la necesidad de formar orificios en los extremos sobre el suelo de los pilotes de extensión.

La Figura 6B es un conjunto de cojinete 450 montado en la banda genérico como el que se muestra en la Figura 2A. El conjunto consiste en la pestaña de montaje 455, una pieza de soporte plana con múltiples orificios de montaje, una base de cojinete 460 que proporciona una mitad inferior del cojinete y una funda de cojinete 465. El tubo de torsión 480 que se muestra aquí tiene una sección transversal en caja e incluye un inserto de cojinete redondeado 470 que coincide con la superficie interior de la funda de cojinete 465 y la base de cojinete 460. En diversas realizaciones, el conjunto de cojinete genérico 450 mostrado en la Figura 6B se puede fijar directamente a la porción trapezoidal 410 del adaptador 400 en lugar de la placa de montaje 420. Los orificios formados en la pestaña de montaje 455 pueden permitir que la altura y la orientación de Este-Oeste (izquierda-derecha) del conjunto de cojinete 450 se ajuste con respecto al adaptador 400 para alinear el eje de giro con el punto de trabajo.

Pasando a continuación a las Figuras 7A/B, estas figuras muestran vistas en perspectiva y de extremo de un seguidor de eje único descendente y un adaptador de cojinete 500 para un seguidor de este tipo que alinea el eje de giro del seguidor con el punto de trabajo del entramado o estructura en A. El adaptador de cojinete 500 que se muestra aquí está diseñado para interconectar una cimentación de entramado en forma de A con un sistema de seguidor mecánicamente equilibrado como el disponible por NEXTRACKER u otros fabricantes de seguidores. La expresión "adaptador de cojinete", como se usa en el presente documento, se refiere a estructuras que combinan las funciones de un adaptador que une los extremos de las patas para completar la estructura en A de modo que las patas estén alineadas con respecto al eje de giro - y un cojinete - que recibe en giro un miembro giratorio. El adaptador de cojinete 500 de las Figuras 7A/B une los extremos libres de cada pata de entramado,

proporcionando un soporte para colgar el tubo de torsión y alinear las patas de entramado con el eje de giro del tubo de torsión separándolas de modo que cada una apunte al punto de trabajo. En diversas realizaciones, las patas están separadas por un ángulo de más de 35 grados hasta 70 grados para reducir la magnitud de las fuerzas axiales generadas por las cargas laterales en el seguidor. Como se ha descrito en el contexto de las Figuras 2C y D, en un sistema mecánicamente equilibrado, descendente, las secciones de abrazadera del tubo de torsión que sostienen el tubo de torsión giran alrededor de un pasador de cojinete que pasa a través de un soporte de abrazadera. Esto hace que el tubo de torsión recorra un arco a medida que se mueve de una orientación orientada hacia el este a una orientación orientada hacia el oeste en lugar de simplemente girar sobre su propio eje. El adaptador de cojinete 500 proporciona la funcionalidad de los soportes de abrazadera del tubo de torsión convencionales (por ejemplo, elementos 124/126 en las Figuras 2C/2D) pero en un factor de forma optimizado para cimentaciones de entramado.

Comenzando de debajo la tierra, la cimentación 200 consiste en patas 210 cada una formada por anclajes de tornillo 211 y patas superiores 212. Los anclajes de tornillo 211 se han girado en el suelo subyacente en ángulo entre sí, en este ejemplo a ± 68 grados con respecto a la horizontal. En diversas realizaciones, cada anclaje de tornillo 211 tiene una forma de rosca externa que comienza en el extremo subterráneo para ayudar con la conducción y para resistir las fuerzas axiales. La forma de rosca puede ser uniformemente ancha o puede tener una entrada cónica. La pata superior 212 está axialmente acoplada al extremo sobre el suelo de cada anclaje de tornillo 211 para formar una estructura en A parcial utilizando uno de los diversos métodos de unión descritos en el presente documento. Los extremos abiertos del adaptador de cojinete tubular 500 están acoplados a los respectivos extremos libres de cada pata superior 212 para completar la estructura en A. En diversas realizaciones, se puede usar un collar de engarzado u otro dispositivo adecuado para unir el segundo extremo de un adaptador 500 con la segunda pata después de que el primer extremo se haya hecho coincidir con la primera pata superior.

El adaptador 500 es una estructura tubular con una parte de puente 510 con un cojinete cilíndrico 520 que pasa por su centro aproximado. Los brazos simétricos 508 unen la porción de puente 510 a las porciones de conexión 505. El conjunto de bisagra y abrazadera 131A/B que sujeta el tubo de torsión 130

está soportado por el cojinete 520 a través del pasador de cojinete 521. El conjunto de abrazadera 131A/B sujeta el tubo de torsión 130 en su lugar para que pueda girar alrededor del pasador de cojinete 521. De forma adicional, en este sistema un par de pernos en U se colocan ahorcajadas sobre el tubo de torsión para fijar el brazo de soporte del módulo al tubo de torsión 130. Los módulos fotovoltaicos, conocidos también como paneles solares, se fijan después a lo largo del tubo de torsión 130 a cada brazo de soporte del módulo, con cada brazo uniendo los bordes de dos módulos adyacentes. En diversas realizaciones, el adaptador de cojinete 500 está diseñado para trabajar con patas de entramado que se han hincado en ángulos específicos, de modo que el pasador de cojinete 521 en la parte superior del adaptador 500 esté ubicado con precisión en el punto de trabajo de la estructura en A, aunque en diversas realizaciones, el acoplamiento entre el adaptador de cojinete 500 y las patas superiores 212 puede permitir cierto ajuste angular y de altura relativo. Esto se logra angulando las porciones de conexión 505 de modo que una línea a través de sus respectivos centros apunte al cojinete cilíndrico 520. Cuando las patas superiores 212 se fijan a las porciones de conexión 505, las patas definirán el eje respectivo que apunta sustancialmente al eje de giro, en este caso, el pasador de cojinete 521.

Colgar un tubo de torsión requiere un espacio libre en la dirección de Este-Oeste entre el cojinete y la cimentación. El adaptador de cojinete tubular 500 de las Figuras 7A/B logra esto con brazos simétricos 508. El cojinete 520 en el punto medio aproximado de la sección de puente 510 recibe el pasador de cojinete 521 del que cuelga el tubo de torsión 130. Al igual que con el soporte de abrazadera del tubo de torsión incluido con el sistema de NX (por ejemplo, visto en las Figuras 2B y C), el pasador de cojinete 521 pasa a través del cojinete 520 del adaptador de cojinete 500 y las dos mitades de la abrazadera de bisagra 131A/131B se fijan a los extremos opuestos del pasador 521 de modo que las mitades de abrazadera 500 se coloquen ahorcajadas en el adaptador de cojinete 131A/B. Las dos mitades 131A/B de la abrazadera 131 están atornilladas al tubo de torsión 130 para completar la conexión.

En diversas realizaciones, la instalación del adaptador mostrado en las Figuras 7A/B se puede lograr fijando el adaptador de cojinete 500 y el conjunto de abrazadera y bisagra en el tubo de torsión 130 y elevando después el tubo aparejado 130 por encima de la fila de pilotes con estructura en A con una grúa,

carretilla elevadora, cargador u otro dispositivo, de modo que el extremo libre de cada pata superior adyacente 212 de cada cimentación 200 pueda insertarse en las aberturas respectivas de cada adaptador de cojinete 500. Como alternativa, se pueden emplazar secciones individuales del tubo de torsión en el suelo entre cada cimentación de estructura en A adyacente 200 antes de que se fijen el adaptador de cojinete y el conjunto de abrazadera y bisagra. Las secciones del tubo de torsión pueden elevarse después en su lugar y las abrazaderas atornilladas a orificios pretaladrados formados en un horario regular a lo largo de las secciones del tubo de torsión para que puedan fijarse a sus adaptadores de cojinetes tubulares 500 respectivos.

Pasando a las Figuras 8A y B, estas figuras muestran otro adaptador universal 600 de acuerdo con diversas otras realizaciones de la invención. Al igual que con el adaptador universal 300 que se muestra en las Figuras 5A/B, el adaptador 600 de las Figuras 8A/B está configurado dimensionalmente para replicar una sección de pilote en H. El mismo está formado por pestañas 610 interconectadas por una banda ortogonal de 15,24 cm (seis pulgadas) 620. A diferencia del adaptador de cojinete 500 que se muestra en las Figuras 7A/B, el adaptador 600 de las Figuras 8A/B no incluye ninguno de los componentes del conjunto de cojinete. Más bien, esos componentes son componentes listos para usar, como aquellos mostrados en la Figura 2A, 2C y 2D. Como se muestra, la porción de banda ortogonal 620 está dispuesta verticalmente, sin embargo, debe apreciarse que también puede tener una o más porciones horizontales que se extienden entre la parte superior de cada pestaña 610. Las porciones de conexión 630 se proyectan hacia abajo fuera de la superficie de cada pestaña 610 para acoplarse con las patas superiores adyacentes 212 respectivas. En diversas realizaciones, las porciones de conexión 630 están orientadas en un ángulo β con respecto a la superficie de la pestaña vertical en un intervalo de más de $\pm 17,5$ grados hasta ± 35 grados para coincidir con el ángulo de la pata superior 212 correspondiente, que en diversas realizaciones será $90-\beta$. Juntas, las porciones de conexión separarán las patas en un ángulo α , que está preferentemente en un intervalo de más de 35 grados hasta 70 grados.

Las porciones de acoplamiento 230 pueden incluir uno o más orificios para recibir los tornillos de ajuste, pernos u otros sujetadores mecánicos para asegurarlos a las patas 212. Las porciones de plataforma opcionales 615 pueden asentarse en la parte superior de las pestañas opuestas 610 para proporcionar

una superficie de montaje de anchura extendida, tal como, por ejemplo, para replicar los brazos en ángulo recto 127 que se muestran en la Figura 2D. Pueden soldarse triángulos entre estas porciones y las pestañas 610 correspondientes para proporcionar rigidez adicional y evitar que se desvíen bajo carga. En diversas realizaciones, las porciones de plataforma 615 permitirán el uso del adaptador 600 con sistemas de seguidor diseñados para asentarse sobre una superficie de soporte plana, o como alternativa para soportar un motor de accionamiento del seguidor que normalmente está montado sobre una superficie de montaje plana.

La Figura 8B muestra el adaptador 600 de 8A utilizado para soportar el soporte de abrazadera 126 del tubo de torsión para un seguidor descendente tal como el que se muestra en la Figura 2D. Como se muestra, el soporte de abrazadera 126 del tubo de torsión descansa sobre las porciones de plataforma 615 del adaptador universal 600. En la Figura, se han dibujado líneas discontinuas a través del centro de masa de cada pata superior 212 y las porciones de acoplamiento 630 hasta que se intersecan para mostrar que las dimensiones del adaptador universal orientan en el cojinete del soporte de abrazadera del tubo de torsión con el punto de trabajo de la estructura en A o del entramado. Debe apreciarse que aunque la Figura 8B muestra el adaptador universal 600 de 8A usado con el seguidor de eje único de la Figura 2D, el adaptador 600 se puede utilizar con diversos otros seguidores de eje único, incluyendo, pero sin limitarse a los mostrados en las Figuras 2A, 2B y 2C.

Volviendo a la Figura 9A, esta figura muestra otro adaptador universal 700 para un seguidor de eje único de acuerdo con diversas otras realizaciones de la invención. El adaptador 700 es como el de las Figuras 8A/B pero las porciones de acoplamiento 730 están más separadas y tienen un codo en las mismas. También, se han eliminado las plataformas de montaje 615 que se muestran en el adaptador 600. Debe apreciarse que en diversas realizaciones, el adaptador 700 puede incluir características de montaje como las que se muestran junto con el adaptador 600. Dependiendo de las dimensiones de los componentes del seguidor, al soportar algunos seguidores, puede que no haya suficiente espacio sobre el adaptador para permitir que el eje de giro esté alineado con el punto de trabajo porque el conjunto de cojinete, en este caso, el soporte de abrazadera 126 del tubo de torsión en forma de U, se extenderá demasiado por encima del adaptador para permitir que el eje de giro se alinee con el punto de trabajo. Al

extender las patas de entramado y las porciones de acoplamiento 730 que coinciden con las patas superiores 212, mientras se mantiene el ángulo de vértice α deseado, el punto de trabajo está efectivamente elevado en relación con el adaptador, proporcionando más flexibilidad para la alineación en la dirección vertical.

También, como se indica en el presente documento, casi todos los fabricantes actuales de seguidores de eje único venden sistemas que fueron diseñados con el supuesto de que se conectarían a monopilotes verticales. Por lo tanto, para maximizar la aceptación del mercado, puede ser preferible eliminar la redundancia entre el seguidor y la cimentación. Por ejemplo, volviendo al adaptador 600 de las Figuras 8A/B, cuando se utiliza con un sistema NEXTRACKER actual como el que se muestra en la Figura 2D, las porciones de plataforma 615 eliminan la necesidad de brazos en ángulo recto 127. Por lo tanto, si el adaptador 600 se va a utilizar para soportar su seguidor, el fabricante del seguidor venderá menos componentes o el cliente pagará por un componente que no usa, ninguna de las que es ideal. Por lo tanto, en algunos casos, puede ser deseable proporcionar un adaptador de entramado que sea completamente compatible con los seguidores de eje único OEM sin ninguna redundancia funcional. Para ese fin, el adaptador 700 de la Figura 9A está optimizado para soportar el seguidor de NEXTRACKER de la serie NX sin ninguna redundancia funcional al proporcionar las características de fijación para las que el sistema NX está diseñado para fijarse en cada pestaña.

Pasando a la Figura 9B, los brazos en ángulo recto 127 se atornillan a la superficie exterior de cada pestaña utilizando orificios pretaladrados. Estos brazos convierten el plano vertical de las pestañas 710 en plataformas de montaje horizontales para los pies del soporte de abrazadera 126 del tubo de torsión. El conjunto de bisagra, la abrazadera del tubo de torsión y el tubo se fijan por encima del adaptador 700 de forma consistente con lo que se describe en el presente documento en el contexto de la Figura 2D. Debería apreciarse que la aplicación del adaptador universal 700 en el sistema de 9B es únicamente a modo de ejemplo. Este adaptador 700 se puede utilizar para soportar una variedad de otros sistemas de seguidor, incluidos, entre otros, los sistemas de la técnica anterior mostrados en las Figuras 2A-B.

Pasando a las Figuras 10A-D, colectivamente, estas Figuras muestran dos variaciones de un adaptador universal (800/900) para alinear el eje de giro

de un seguidor de eje único con el punto de trabajo del entramado de acuerdo con otras realizaciones de la invención. Comenzando con las Figuras 10A y C, se muestra el adaptador 800 soportando un seguidor ascendente, aunque debe apreciarse que al añadir brazos en ángulo recto a cada lado, el adaptador 800

5 podría soportar también un seguidor descendente. El adaptador 800 tiene una porción de cuerpo principal 810 y porciones de conexión 820 que se extienden hacia abajo y se alejan del cuerpo principal 810 para acoplarse a las patas 210 del entramado. En diversas realizaciones, las porciones de acoplamiento 820 se extienden hacia abajo hasta las patas separadas 210 en un ángulo α en un

10 intervalo de más de 35 grados hasta 70 grados para limitar la magnitud de las fuerzas axiales generadas por las cargas laterales. En diversas realizaciones, esto orientará las porciones de conexión 820 para coincidir sustancialmente con el ángulo de las patas 210. Por ejemplo, si cada pata se conduce en un ángulo θ con respecto a la horizontal de ± 60 grados, después, las porciones de conexión

15 820 crearán un ángulo de vértice α de $180-2\theta$, que en este caso es también de 60 grados.

En diversas realizaciones, la porción de cuerpo principal 810 tiene aproximadamente 15,24 cm (6 pulgadas) de anchura para coincidir con las dimensiones de un pilote en H W6x9 o W6x12 convencional. También, en

20 diversas realizaciones, el ajuste entre las porciones de conexión 820 y las patas superiores 212 permitirán el ajuste entre estas estructuras para permitir que la altura del adaptador con respecto a las patas superiores 212 se ajuste antes de conectarlo permanentemente a las patas superiores 212 de modo que el eje de giro del tubo de torsión, en este caso el centro del propio tubo, esté alineado con

25 el punto de trabajo de la estructura en A. Las líneas discontinuas que se extienden a través del centro de masa de cada pata 210 coinciden en el cojinete, mostrando que el eje de giro del seguidor esté de hecho alineado con el punto de trabajo del entramado.

Las Figuras 10B y D muestran un adaptador 900 similar que puede ser

30 particularmente útil con seguidores descendente, como los que se muestran en las Figuras 2C y D. Con este adaptador, el espacio entre las patas de entramado según se establece mediante las porciones de conexión 920 se ha aumentado con respecto al adaptador 800 de modo que las patas y la porción de conexión 920 apunten a un punto de trabajo más alto. Esto permitirá una mayor altura

35 entre el adaptador 900 y el eje de giro, como se requiere en un diseño

descendente. El adaptador 900 de acuerdo con esta realización tiene un cuerpo principal 910 con porciones de conexión 920 que se proyectan hacia abajo y hacia fuera de cada lado. En diversas realizaciones, las porciones de conexión 920 separan las patas de entramado en un ángulo α de más de 35 grados hasta 70 grados y orientarán las porciones de conexión 920 para que coincidan con el ángulo de cada pata superior 212 correspondiente. Los brazos en ángulo recto 925 se fijan a lados opuestos del cuerpo principal 910 en el interior para crear las plataformas de montaje respectivas para el soporte de abrazadera 126 del tubo de torsión. Las líneas discontinuas en la Figura 10D que se extienden desde el centro de masa de cada pata 210 a través de las porciones de conexión 920 respectivas hasta el cojinete, muestran que el eje está de hecho alineado con el punto de trabajo de la cimentación.

Pasando a continuación a las Figuras 11-D, estas Figuras muestran un adaptador universal 1000 para orientar las patas de entramado para alinearlas con el eje de giro del seguidor de acuerdo con diversas realizaciones de la invención. El adaptador 1000 que se muestra aquí consiste en una pieza de metal estampado configurada con alas en el lado izquierdo y derecho 1001 que están colocadas simétricamente alrededor de las pestañas 1010. Las pestañas 1010 están interconectadas por el puente 1020. Cada ala 1001 consiste en una porción en ángulo 1002 y una porción plana 1003. Las porciones planas 1003 coinciden por lo general con la orientación del puente 1020 y conectan las porciones en ángulo 1002 a las pestañas 1010. En diversas realizaciones, las porciones en ángulo 1002 separarán las patas de entramado en un ángulo α en un intervalo de más de 35 grados hasta 70 grados. Las porciones en ángulo 1002 sirven como base para conectar las porciones 1005 que reciben, están insertadas en, o están conectadas axialmente de otro modo a los extremos de las patas superiores 212 respectivas para completar el entramado. En diversas realizaciones, las porciones de conexión 1005 están soldadas a la cara inferior de las porciones en ángulo 1002 para proyectarse fuera de sus respectivas superficies en una dirección hacia abajo (mirando al suelo) en un ángulo que coincide con el ángulo de las patas superiores 1003 y en un espacio que se alinea con las mismas. En diversas realizaciones, esto permitirá que la estructura en A presente una interfaz similar a un pilote en H para el seguidor, de modo que el proceso de instalación posterior a la cimentación será idéntico al que se realiza para las cimentaciones de pilotes en H convencionales. En diversas

realizaciones, se utilizará una plantilla u otro dispositivo cuando se acople el adaptador 1000 a las patas superiores 212, de modo que la altura del eje de giro se preajuste a la altura correcta con respecto al adaptador 1000 para el conjunto de cojinete previsto. Esto requerirá que el instalador sepa a qué tipo de sistema de seguidor se acoplará la cimentación.

Como se muestra en este ejemplo, la intersección de las porciones planas 1003 y las pestañas verticales 1010 se ve reforzada. Debería apreciarse que esto es solo un ejemplo. Pueden añadirse esquineros u otros miembros de refuerzo en diversos puntos del adaptador 1000 para aumentar la rigidez según sea necesario. Las pestañas 1010 se muestran con ranuras de fijación verticales. Esto también es solo a modo de ejemplo. En diversas realizaciones, las pestañas 1010 pueden tener uno o más orificios o ranuras dispuestas en una configuración diferente. Es posible que se prefieran las ranuras a los orificios porque permiten capacidad de ajuste vertical, horizontal e incluso diagonal según su orientación. En diversas realizaciones, la porción de puente 1020 separa las pestañas 1010 en aproximadamente 15,24 cm (seis pulgadas) para coincidir con la distancia entre las pestañas en un pilote en H (pestaña ancha) de W6x9 estándar. Esto permitirá que un conjunto de alojamiento de cojinetes o una estructura de soporte de alojamiento de cojinetes de cualquier seguidor de eje único convencional se atornille directamente al adaptador 1000.

Las Figuras 11C y D muestran el adaptador 1000 de 11A y B que soporta un conjunto de cojinete y un tubo de torsión de un seguidor de eje único. Debido a que el seguidor que se muestra aquí tiene un diseño descendente, el soporte de abrazadera 126 requiere un espacio de Este-Oeste que sea más ancho que la anchura estándar de 15,24 cm (6 pulgadas) de un pilote en H de W6x9. Como consecuencia, NEXTRACKER fija brazos en ángulo recto a la cara exterior de cada pestaña de pilote en H para ensanchar efectivamente el pilote. El adaptador 1000 proporciona la misma geometría superior que un pilote en H convencional, lo que permite que dichos brazos en ángulo recto se fijen directamente a las ranuras formadas en cada pestaña. El resultado es que se pueden utilizar las mismas partes del seguidor independientemente de si se utilizan pilotes en H o cimentaciones en forma de A. En diversas realizaciones, el adaptador 1000 está dimensionalmente optimizado para que cuando el soporte de abrazadera 126 esté asentado, las porciones de conexión 1005 y, por extensión, las patas superiores 212, apuntarán al cojinete para que el eje de giro se alinee con el

punto de trabajo. Pueden usarse ranuras de fijación en las pestañas 1010 para ajustar la altura del cojinete en el soporte de abrazadera 126 del tubo de torsión con respecto al adaptador 1000.

Pasando ahora a las Figuras 12A-E, estas figuras muestran un adaptador de cojinete en forma de cardioide 1100 específicamente adaptado para soportar un seguidor de eje único descendente. El adaptador de cojinete 1100 funciona similarmente al adaptador de cojinete tubular 500 que se muestra en las Figuras 7A/B, cumpliendo al menos tres funciones. En primer lugar, unifica las patas adyacentes de la estructura en A para formar una estructura de entramado rígida. En segundo lugar, reemplaza el brazo de soporte del tubo de torsión y los brazos en ángulo recto de los sistemas de seguidor descendente convencionales, proporcionando un cojinete del que colgar el tubo de torsión y un espacio libre para que oscile a través de su arco de Este-Oeste mientras reduce el acero y los componentes necesarios para hacerlo. Por último, orienta las patas de la cimentación para que estén alineadas con el cojinete, algo que solo se necesita en el contexto de una cimentación de entramado o de estructura en A. Esto se logra controlando la geometría entre las patas de la estructura en A de modo que el punto de bisagra se alinee con la intersección de los ejes respectivos definidos por las patas.

El adaptador de cojinete 1100 está formado por una o más piezas de metal fundido. Debe apreciarse, sin embargo, que se pueden emplear otras técnicas de fabricación sin apartarse del espíritu o alcance de la invención. El adaptador de cojinete 1100 consiste en un aro en forma de cardioide 1110 con cúspide 1115 y brazos simétricos en forma de S 1120, ubicados a ambos lados de la cúspide 1115. El cojinete 1127 se coloca en la cúspide 1115. Los brazos en forma de S 1120 terminan en porciones de conexión 1125 respectivas, que, en diversas realizaciones están en ángulo para apuntar al cojinete 1127 y para establecer un ángulo de vértice α entre las patas de al menos 35 grados hasta 70 grados. En diversas realizaciones, el ángulo deseado se conocerá de antemano y el adaptador de cojinete 1100 se fabricará para mantener ese ángulo.

Las porciones de conexión 1125 mostradas en este ejemplo se dibujan como tubos parciales. En diversas realizaciones, las placas de cubierta 1126 que también son tubulares encajarán sobre las patas superiores 212 de la estructura en A y coincidirán con las porciones de conexión 1125 para capturar las patas

superiores. Pernos, remaches u otros sujetadores mecánicos conocidos se pueden usar para asegurar las placas de cubierta 1126 a las porciones de conexión 1125. Debe apreciarse que en otras realizaciones, las porciones de conexión pueden ser tubos completos en el extremo de cada brazo en forma de S 1120 dimensionados para recibir o encajar dentro de los extremos libres de cada pata superior adyacente 212. Tales modificaciones están dentro del alcance de las diversas realizaciones de la invención. El cojinete 1127 recibe un pasador de cojinete del que está suspendido el tubo de torsión 130. Los brazos 135 del módulo acoplan los paneles solares (módulos fotovoltaicos) al tubo de torsión 130. Debido a que no se utiliza una cimentación de monopilote, no es necesario que los extremos de los miembros en forma de S 1120 intersequen en una plataforma de montaje común. Este diseño aprovecha de forma más eficaz la arquitectura de entramado y puede simplificar la instalación. Por ejemplo, si después de instalar cada par de patas de entramado, el tubo de torsión o las secciones del tubo de torsión pueden colocarse en el suelo entre las patas de entramado. Una vez que los adaptadores de cojinete, tal como el adaptador 1100, se fijan al tubo de torsión 130 en ubicaciones apropiados, todo el tubo o las secciones del tubo se pueden elevar con una carretilla elevadora u otro equipo de modo que se puedan realizar conexiones individuales entre las patas adyacentes y las porciones de conexión 1125.

Las Figuras 12D y E muestran el adaptador de cojinete 1100 de las Figuras 12A-C fijado a un par de patas de cimentación adyacentes 2 y que soportan una matriz de seguidores descendentes de acuerdo con diversas realizaciones de la invención. Juntos, el adaptador de cojinete 1100 y las patas de entramado superior 210 crean una estructura en A que define un plano común orientado sustancialmente de Este-Oeste que es sustancialmente ortogonal al eje principal del tubo de torsión. Dicho de otra forma, las patas están alineadas a lo largo del tubo de torsión para intersectar en el mismo lugar. La ortogonalidad de las patas mantendrá el entramado en tensión y compresión y minimizará la flexión en respuesta a las cargas laterales independientemente de la orientación del tubo de torsión.

Pasando ahora a la Figura 13, esto muestra el adaptador de cojinete 1200 de acuerdo con diversas otras realizaciones de la invención. El conjunto es para un estilo de seguidor de eje único ascendente. El adaptador de cojinete 1200 consiste en una porción de cuerpo inferior 1210 con porciones de conexión 1212.

Al igual que con los adaptadores de diversas otras realizaciones, las porciones de conexión 1212 están inclinadas hacia abajo y se alejan de la porción de cuerpo inferior 1210 para estar separadas entre sí por un α en un intervalo de más de 35 grados hasta 70 grados y apuntarán al centro de la abertura de cojinete. La porción de cuerpo inferior 1210 tiene una sección transversal semicircular y actúa como la mitad inferior del conjunto de cojinete circular. La porción superior 1210 encaja sobre la porción de cuerpo inferior 1210 a través de las pestañas superiores 1225 que se asientan sobre las pestañas inferiores 1215. Los pernos 1226 u otros sujetadores conocidos aseguran la porción superior 1210 a la porción de cuerpo inferior 1210. En este ejemplo, el tubo de torsión 1230 se muestra con una sección transversal en caja. El mismo está rodeado por el inserto de cojinete 1235 que, presenta una forma circular para que coincida con la abertura de cojinete circular formada uniendo la porción inferior 1210 a la porción superior 1220 y puede estar hecha de un material con fricción reducida con respecto al metal. A diferencia de los adaptadores de otras realizaciones, el adaptador de cojinete 1200 está optimizado desde la perspectiva de uso del material para funcionar con una cimentación de entramado en forma de A porque une las patas de entramado, haciendo coincidir su ángulo y espacio mientras orienta sus respectivos centros de masa para que intersequen en el eje de giro, en este caso, el centro del tubo de torsión. También proporciona un cojinete para que no se necesite un conjunto de cojinete separado.

Las realizaciones de las presentes invenciones no se limitan en ámbito a las realizaciones específicas descritas en el presente documento. De hecho, diversas modificaciones de las realizaciones de las presentes invenciones, además de las descritas en el presente documento, serán evidentes para los expertos en la materia a partir de la descripción anterior y de los dibujos adjuntos. Por tanto, dichas modificaciones están destinadas a caer dentro del ámbito de las siguientes reivindicaciones adjuntas. Además, aunque algunas de las realizaciones de la presente invención se han descrito en el presente documento en el contexto de una implementación particular en un entorno particular para una finalidad particular, los expertos en la materia reconocerán que su utilidad no se limita a la misma y que las realizaciones de las presentes invenciones se pueden implementar de forma beneficiosa en cualquier número de entornos para cualquier número de finalidades. Por consiguiente, las reivindicaciones que se

exponen a continuación deben interpretarse a la vista del espíritu de las realizaciones de las presentes invenciones divulgadas en el presente documento.

