

SISTEMA DE SELLADO CURVILÍNEO

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

- 5 **[0001]** La presente solicitud se refiere a conexiones tubulares, y, más particularmente, a una configuración de sellado de conexión tubular que tiene superficies curvilíneas en contacto.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

- [0002]** Esta sección pretende introducir diversos aspectos de la técnica que pueden estar relacionados con diversos aspectos de las presentes técnicas, que se describen y/o reivindican
- 10 más adelante. Se cree que este análisis es útil para proporcionar antecedentes con el fin de facilitar una mejor comprensión de los diversos aspectos de la presente divulgación. Por consiguiente, debe entenderse que estas declaraciones han de leerse con esa perspectiva, y no como admisiones del estado de la técnica. No se admite que las siguientes descripciones y ejemplos sean parte del estado de la técnica en virtud de su inclusión en esta sección.
- 15 **[0003]** La industria del petróleo y gas está perforando pozos de producción corriente arriba de creciente profundidad y complejidad para encontrar y producir hidrocarburos crudos. La industria utiliza de manera rutinaria tuberías de acero, consideradas productos tubulares de uso petrolero (OCTG) para proteger el pozo de perforación (es decir, la carcasa) y controlar los fluidos producidos dentro de la tubería (es decir, los tubos). Tal tubería, incluida la carcasa y los
- 20 tubos, se fabrican y transportan en segmentos relativamente cortos y se instalan en el pozo de perforación un segmento a la vez, en donde cada segmento se conecta al siguiente. Como la búsqueda de petróleo y gas ha llevado a las compañías a perforar pozos más profundos, las tuberías pueden estar sujetas a una mayor complejidad y magnitud de fuerzas a lo largo de su vida útil en el fondo del pozo. En la industria han aumentado la demanda de carcasas, tubos y
- 25 conectores que tengan mayores resistencias a la tracción y a la presión. Además, el área de desarrollo de pozos desviados y horizontales ha exacerbado esta tendencia, al agregar además mayores cargas de torsión como otro requisito para los conectores de tubos y carcasas.

[0004] Se han diseñado conectores con variadas configuraciones de rosca, hombro y sellado. Por ejemplo, dos configuraciones generales de rosca de conector incluyen un conector roscado y acoplado y un conector integral. Un conector roscado y acoplado incluye un pasador (es decir, un extremo roscado macho) mecanizado en uniones relativamente largas de tubería y unido por la caja (es decir, un extremo roscado hembra) mecanizada en un acoplamiento relativamente corto. Un conector integral incluye un pasador roscado en un tubo de longitud completa conectado a una caja roscada a otra tubería de longitud completa, y los extremos de caja y pasador pueden enroscarse en lados opuestos de cada segmento de tubería de longitud completa a fin de que cada segmento pueda conectarse en una longitud de un pozo de perforación. Un tipo de combinación de hombro y sellado incluye un sellado de hombro central, el cual incluye una sección de sellado en una conexión dispuesta entre al menos dos porciones roscadas. La sección de sellado de un pasador o caja puede estar en contacto directo con la sección de sellado de otro pasador o caja y su función puede ser impedir el paso de líquido o gas a través de las roscas de la conexión ensamblada. Dado que la industria requiere conectores con una resistencia a la tracción, resistencia a la presión y par de torsión, etc. cada vez mayores, las características generales de los conectores pueden diseñarse y modificarse por ingeniería con el fin de satisfacer los criterios de rendimiento en el fondo de pozo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0005] Esta breve descripción se proporciona para introducir una selección de conceptos que se describen adicionalmente más adelante en la descripción detallada. Esta breve descripción no tiene la intención de identificar características clave o esenciales del objeto reivindicado, y no se pretende que se la utilice como ayuda para limitar el alcance del objeto reivindicado.

[0006] En una forma de realización, un sistema de sellado incluye un primer miembro tubular y un segundo miembro tubular. El primer miembro tubular incluye un primer conjunto de roscas y un segundo conjunto de roscas y una primera superficie de sellado curvilínea dispuesta axialmente entre el primer y segundo conjuntos de roscas. El segundo miembro tubular incluye un tercer conjunto de roscas y un cuarto conjunto de roscas y una segunda superficie de sellado

curvilínea dispuesta axialmente entre el tercer y cuarto conjuntos de roscas. El primer miembro tubular y el segundo miembro tubular están configurados para conectarse cuando el primer conjunto de roscas se acopla con el tercer conjunto de roscas y el segundo conjunto de roscas se acopla con el cuarto conjunto de roscas. La primera y segunda superficies de sellado curvilíneas están configuradas para interferir en una región de interferencia cuando se conectan el primer y segundo miembros tubulares.

[0007] Algunas formas de realización incluyen uno o ambos de un primer hueco de alivio dispuesto en el primer miembro tubular, entre el primer conjunto de roscas y la primera superficie de sellado curvilínea y un segundo hueco de alivio dispuesto en el segundo miembro tubular, entre el cuarto conjunto de roscas y la segunda superficie de sellado curvilínea. En algunas formas de realización, el primer, segundo, tercer y cuarto conjuntos de roscas comprenden roscas cuadradas, roscas en cuña, roscas de paso variable o combinaciones de diferentes geometrías de rosca. En diferentes formas de realización, la primera y segunda superficies de sellado curvilíneas pueden tener una curva elíptica, una curva circular, una curva toroidal, una curva de radio variable o combinaciones de curvas de estas curvas. La primera y segunda superficies curvilíneas pueden tener geometrías de curvas idénticas o de curvas diferentes. Además, en diferentes formas de realización, la primera y segunda superficies curvilíneas pueden ser simétricas o asimétricas cuando el primer y segundo miembros tubulares se conectan. La región de interferencia puede estar centrada aproximadamente entre el primer y segundo conjuntos de roscas o puede estar en cualquier punto axial entre el primer y segundo conjuntos de roscas. En algunas formas de realización, el sistema de sellado está configurado de modo que un eje del sellado anular pueda cambiar sin formar discontinuidades en el sellado anular.

[0008] En otra forma de realización, un método incluye mover un primer miembro tubular con respecto a un segundo miembro tubular, de modo que un extremo de pasador del primer miembro tubular entre y se superponga axialmente con un extremo de caja del segundo miembro tubular. El método incluye además girar el primer miembro tubular con respecto al

segundo miembro tubular, de modo que una primera rosca y una segunda rosca en el primer miembro tubular se acoplen con una tercera rosca y una cuarta rosca en el segundo miembro tubular, respectivamente. El método implica entonces conectar el primer miembro tubular al segundo miembro tubular, de modo que una primera superficie curvilínea en el primer miembro tubular entre la primera y segunda roscas entre en contacto con una segunda superficie curvilínea en el segundo miembro tubular entre la tercera y cuarta roscas. Una fuerza de contacto entre la primera y segunda superficies curvilíneas forma un sellado anular entre el primer y segundo miembros tubulares.

[0009] En algunas formas de realización, la fuerza de contacto comprende una fuerza de compresión entre la primera y segunda superficies curvilíneas. Además, en algunas formas de realización, la fuerza de contacto comprende una fuerza radial que se extiende a lo largo de una dimensión anular el primer y segundo miembros tubulares para formar el sellado anular.

[0010] En algunas formas de realización, girar el primer miembro tubular con respecto al segundo miembro tubular comprende desplazar lubricante entre el extremo de pasador y el extremo de caja hacia al menos uno de un primer hueco en el primer miembro tubular entre la primera rosca y la primera superficie curvilínea y un segundo hueco en el segundo miembro tubular entre la cuarta rosca y la segunda superficie curvilínea.

[0011] Una o más formas de realización incluyen una conexión que tiene un sellado central curvilíneo. La conexión incluye un primer miembro tubular que tiene un primer conjunto de roscas y un segundo conjunto de roscas y una primera superficie curvilínea dispuesta axialmente entre el primer y segundo conjuntos de roscas y un segundo miembro tubular que tiene un tercer conjunto de roscas y un cuarto conjunto de roscas y una segunda superficie curvilínea dispuesta axialmente entre el tercer y cuarto conjuntos de roscas. El primer miembro tubular y el segundo miembro tubular se conectan cuando el primer conjunto de roscas se acopla con el tercer conjunto de roscas y el segundo conjunto de roscas se acopla con el cuarto conjunto de roscas para dar como resultado una fuerza radial entre la primera superficie curvilínea y la segunda superficie curvilínea.

[00012] En algunas formas de realización, el primer y tercer conjuntos de roscas tienen geometrías de rosca en cuña, el segundo y cuarto conjuntos de roscas tienen geometrías de rosca en cuña, o el primer, segundo, tercer y cuarto conjuntos de roscas tienen geometrías de rosca en cuña.

5

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[00013] Las formas de realización de las presentes técnicas se describen con referencia a las siguientes figuras. Los mismos números se utilizan en todas las figuras para hacer referencia a características y componentes similares. Diversas formas de realización pueden utilizar elementos y/o componentes distintos de los ilustrados en los dibujos, y algunos elementos y/o componentes pueden no estar presentes en diversas formas de realización. Los elementos y/o componentes en las figuras no están necesariamente dibujados a escala.

10

[00014] La Figura 1 es una sección transversal parcial de una disposición de sellado de hombro central;

[00015] la Figura 2 es una sección transversal parcial de otra disposición de sellado de

15

[00016] la Figura 3 es una sección transversal parcial de una forma de realización de un sellado de hombro central;

[00017] la Figura 4 es una sección transversal parcial de otra forma de realización de un sellado de hombro central;

20

[00018] la Figura 5 es una sección transversal parcial de otra forma de realización de un sellado de hombro central en donde la ubicación del contacto de sellado primario con lados opuestos de la conexión incluye roscas acopladas a un lado del hombro central, pero carece de roscas acopladas al otro lado del hombro central;

[00019] la Figura 6 es una sección transversal parcial de una forma de realización de un sellado central que tiene superficies curvilíneas en contacto;

25

[00020] la Figura 7A es un diagrama en sección transversal parcial de una forma de realización de una superficie curvilínea en una superficie de sellado central de un miembro

tubular;

[00021] la Figura 7B es una vista ampliada de la porción curvilínea de la superficie de sellado central representada en la Figura 7B;

[00022] la Figura 7C es un diagrama en sección transversal parcial de una forma de realización de una superficie de sellado central donde los miembros tubulares opuestos tienen superficies curvilíneas en contacto; y

[00023] la Figura 8 es una representación en sección transversal parcial y de tres cuartos de miembros tubulares conectados que tienen superficies curvilíneas en contacto en un sellado central.

10

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[00024] La Figura 1 es una conexión de sellado de hombro central que tiene cinco sellados de metal a metal: dos sellados de metal a metal en los bordes biselados exteriores del sellado de hombro doble bloqueado 400 donde las superficies de sellado 418 y 438 están en contacto y donde las superficies de sellado 422 y 442 están en contacto; y tres superficies sin separación en el interior del sellado de hombro doble bloqueado 400, una 410 en la superficie de pared donde entran en contacto superficies cilíndricas de sellado, otra superficie sin separación donde la superficie de cara anular del hombro de pasador 420 entra en contacto con la superficie sesgada de caja 448, y otra superficie sin separación donde la superficie de cara del hombro de caja 440 entra en contacto con la superficie sesgada de pasador 428. Por ende, el sellado de hombro central 400 forma un sellado de metal a metal de ajuste muy estrecho que tiene superficies de sellado de metal a metal acoplables que permiten una acumulación de energía almacenada dentro del sellado al ajustar con fuerza la conexión ensamblada, de modo que, tras la aplicación de diversas cargas en la tubería y también la conexión, el sellado continúe realizando y manteniendo el acoplamiento de sellado. En particular, todos los sellados de metal a metal se forman dentro del espacio axial 450 entre los conjuntos de caras anulares en contacto del hombro central, y cada uno de los sellados de metal a metal en los bordes biselados exteriores del sellado de hombro 400, en donde cada uno exhibe fuerzas radiales, se

15

20

25

ubica de manera inmediatamente adyacente a un conjunto respectivo de los conjuntos de caras anulares en contacto.

[00025] La Figura 2 es una conexión de sellado de hombro central que tiene al menos dos y hasta siete sellados de metal a metal establecidos entre los miembros de pasador y caja.

- 5 Tres de los siete sellados son sellados en forma de tronco geométrico (*frustum seals*). Un primer sellado en forma de tronco geométrico externo 120 está formado por el acoplamiento de superficies troncocónicas de pasador y caja en el lado radialmente externo del hombro central y un segundo sellado en forma de tronco geométrico interno 122 está formado entre las superficies troncocónicas de pasador y caja en el lado radialmente interno del hombro central.
- 10 El tercer sellado en forma de tronco geométrico es un sellado en forma de tronco geométrico central 124 formado entre superficies troncocónicas centrales de pasador y caja intermediadas. Se forman dos sellados de hombro anulares. Un primer sellado de hombro anular interno 126 y un segundo sellado de hombro anular externo 128, cada uno por superficies anulares acopladas de los miembros de pasador y caja. También se forman dos sellados cilíndricos. Un
- 15 primer sellado cilíndrico externo 130 está formado por el acoplamiento de superficies cilíndricas de sellado externo de pasador y caja en el lado radialmente externo y un segundo sellado cilíndrico interno 132 está formado por el acoplamiento de superficies cilíndricas de sellado de pasador y caja en el lado radialmente interno. En particular, esta disposición también coloca cada uno de los sellados de metal a metal que están expuestos a significativas fuerzas radiales
- 20 y tangenciales (es decir, sellados 122 y 120 en contacto) de manera inmediatamente adyacente a un conjunto respectivo de los conjuntos de caras anulares en contacto (es decir, en los sellados anulares 126 y 128 en contacto) e igualmente dentro del espacio axial 150 entre los dos sellados de hombro anulares.

[00026] Con referencia a la Figura 3, se muestra una sección transversal parcial de una

- 25 conexión de hombro central 200 entre dos miembros tubulares 202 y 204. El miembro tubular 202 forma la porción de pasador de la conexión y el miembro tubular 204 forma el extremo de caja de la conexión. Se muestra una línea central axial de la conexión en 206, y se reconoce

que una sección transversal completa de la conexión de hombro central incluiría una imagen especular de los componentes en el lado opuesto de la línea central axial (es decir, debajo de la línea central 206 en la Figura 3).

[00027] Una configuración de sellado en el miembro tubular 202 incluye una ranura
5 anular 208 y un diente anular 210. La ranura anular 208 está definida por una superficie
sesgada orientada radialmente hacia dentro (es decir, orientada hacia la línea central 206) 212,
una cara de hombro anular adyacente 214 y una superficie orientada radialmente hacia fuera
adyacente 216. El diente anular está definido por la superficie sesgada orientada radialmente
hacia dentro 212, una cara de diente anular 218 y una superficie orientada radialmente hacia
10 fuera 220. En la forma de realización ilustrada, la superficie 216 incluye un radio de esquina que
se vuelve la cara de hombro 214, y la superficie 220 incluye un radio de esquina que se vuelve
la cara de diente 218.

[00028] Una configuración de sellado en el miembro tubular 204 incluye una ranura
anular 222 y un diente anular 224. La ranura anular 222 está definida por una superficie
15 sesgada orientada radialmente hacia fuera 226, una cara de hombro anular adyacente 228 y
una superficie orientada radialmente hacia dentro adyacente 230. El diente anular 224 está
definido por la superficie sesgada orientada radialmente hacia fuera 226, una cara de diente
anular 232 y una superficie orientada radialmente hacia dentro 234. En la forma de realización
ilustrada, la superficie 230 incluye un radio de esquina que se vuelve la cara de hombro 228, y
20 la superficie 234 incluye un radio de esquina que se vuelve la cara de diente 232.

[00029] La Figura 3 muestra la conexión en condición conformada, en la que el diente
anular 224 está ubicado dentro de la ranura anular 208, en donde la cara de diente anular 232
se acopla a la cara de hombro anular 214 para definir un hombro, que está representado por el
plano de hombro 236. Del mismo modo, el diente anular 210 está ubicado dentro de la ranura
25 anular 222, en donde la cara de diente anular 218 se acopla a la cara de hombro anular 228
para definir otro hombro, que está representado por el plano de hombro 238. En la forma de
realización ilustrada, las superficies sesgadas 212 y 226 también se acoplan entre sí, lo que

puede proporcionar una ubicación de sellado adicional, tal como pueden hacerlo los hombros acoplados. En lados axiales opuestos de la conexión, también se muestran esquemáticamente secciones roscadas acopladas o los miembros tubulares en 260 y 262.

[00030] Como se ilustra, se puede proporcionar separación entre la superficie orientada

5 radialmente hacia fuera 216 y la superficie orientada radialmente hacia dentro 234 cerca del plano de hombro 236. La ubicación del contacto de sellado primario entre la superficie orientada radialmente hacia fuera 216 y la superficie orientada radialmente hacia dentro 234, cuya ubicación se muestra en la Figura 3 en 240, está separada axialmente del plano de hombro 236 para definir un área de contacto de sellado de metal a metal 242 (representada por la

10 interferencia de las superficies mostradas con tramado cruzado (*cross-hatch*)) que está axialmente separada del plano de hombro 236. Como se usa en la presente, la terminología "ubicación del contacto de sellado primario" entre dos superficies especificadas significa la ubicación de la presión de contacto máxima entre las dos superficies. Así, a modo de ejemplo, en algunas formas de realización las superficies 216 y 234 pueden tener un ligero contacto

15 entre sí cerca del plano de hombro 236 (por ejemplo, dentro de una región axial 246 entre los planos de hombro 236 y 238) mientras que, al mismo tiempo, la ubicación del contacto de sellado primario entre las superficies 216 y 234 está más separada del plano de hombro 236. En general, la ubicación de la presión de contacto máxima y, por ende, la ubicación del contacto de sellado primario, estará cerca de la ubicación de interferencia máxima entre las superficies.

20 **[00031]** También se puede proporcionar separación entre la superficie orientada radialmente hacia dentro 230 y la superficie orientada radialmente hacia fuera 220 cerca del plano de hombro 238 o, como se indicó anteriormente, se puede producir solo un ligero contacto entre las superficies cerca del plano de hombro 238. Independientemente de esto, la ubicación del contacto de sellado primario entre la superficie orientada radialmente hacia dentro

25 230 y la superficie orientada radialmente hacia fuera 220, cuya ubicación se muestra en la Figura 3 en 243, está separada axialmente del plano de hombro 238 para definir un área de contacto de sellado de metal a metal 244 (representada por la interferencia de las superficies

mostradas con tramado cruzado) que está axialmente separada del plano de hombro 238. En particular, en el caso de ambas áreas de contacto de sellado primario 242 y 244 de la forma de realización ilustrada, la ubicación del contacto de sellado primario se encuentra fuera de la región axial 246 de la conexión definida entre los dos planos de hombros 236 y 238.

- 5 **[00032]** La ubicación exacta del contacto de sellado primario entre las superficies (por ejemplo, 216 y 234 o 220 y 230) puede variar en función de diversos factores, que incluyen el límite necesario de par de torsión que se requiere en la conexión, así como el espesor y el diámetro de la conexión tubular.

- 10 **[00033]** A modo de ejemplo: la ubicación del contacto de sellado primario 240 puede estar separada axialmente del plano de hombro 236 por entre alrededor de 25 milésimas de pulgada y alrededor de una pulgada (2.54 cm); la ubicación del contacto de sellado primario 243 puede estar separada axialmente del plano de hombro 238 por entre alrededor de 25 milésimas de pulgada y alrededor de una pulgada (2.54 cm); la región axial 246 puede extenderse entre alrededor de 20 milésimas de pulgada y alrededor de 250 milésimas de pulgada; una
- 15 separación radial entre la superficie orientada radialmente hacia fuera 216 y la superficie orientada radialmente hacia fuera 220 en el plano de hombro 236 puede ser de entre alrededor de 40 milésimas de pulgada y alrededor de 500 milésimas de pulgada; y una separación radial entre la superficie orientada radialmente hacia dentro 230 y la superficie orientada radialmente hacia dentro 234 en el plano de hombro 238 puede ser de entre alrededor de 40 milésimas de
- 20 pulgada y alrededor de 500 milésimas de pulgada.

- 25 **[00034]** En la forma de realización ilustrada, cada una de las superficies 216, 220, 230 y 234 se muestra como una superficie curvilínea. A modo de ejemplo, tales superficies curvilíneas pueden, cuando se consideran en dos dimensiones a lo largo de un plano que se extiende a través del eje central 206 de la conexión y en paralelo a este, incluir curvas elípticas, curvas circulares, curvas de radio variable de cualquier tipo adecuado (por ejemplo, radio de curva generalmente entre alrededor de 0.5 pulgadas (1.27 cm) y alrededor de 15 pulgadas (38.10 cm) para el sellado más eficaz), o combinaciones de estas, y las formas de superficies

tridimensionales correspondientes producidas al girar cualquiera de tales curvas alrededor del eje central 206 de la conexión. Sin embargo, se reconoce que las superficies no necesitan ser completamente curvilíneas o, de hecho, curvilíneas en absoluto. Por ejemplo, en una posible versión modificada de la forma de realización de la Figura 3, las superficies 220 y 234 siguen
 5 siendo curvilíneas, pero las superficies 216 y 230 están hechas con forma troncocónica, de modo que cada ubicación del contacto de sellado primario 240 y 243 está hecha con respecto a una interferencia entre una superficie curvilínea y una superficie troncocónica.

[00035] Con referencia a la forma de realización alternativa mostrada en la Figura 4, se muestra una forma de realización de una configuración de sellado de hombro central 300 con la
 10 línea central axial 306 en donde los sellados de contacto de metal con metal primarios no están formados por porciones de superficie curvilínea. En esta disposición, el extremo de pasador en el miembro tubular 302 incluye una ranura anular 308 y un diente anular 310. La ranura anular 308 está definida por una superficie sesgada orientada radialmente hacia dentro (es decir, orientada hacia la línea central 306) 312, una cara de hombro anular adyacente 314 y una
 15 superficie orientada radialmente hacia fuera adyacente 316. El diente anular está definido por la superficie sesgada orientada radialmente hacia dentro 312, una cara de diente anular 318 y una superficie orientada radialmente hacia fuera 320. El extremo de caja en el miembro tubular 304 incluye una ranura anular 322 y un diente anular 324. La ranura anular 322 está definida por una superficie sesgada orientada radialmente hacia fuera 326, una cara de hombro anular
 20 adyacente 328 y una superficie orientada radialmente hacia dentro adyacente 330. El diente anular 324 está definido por la superficie sesgada orientada radialmente hacia fuera 326, una cara de diente anular 332 y una superficie orientada radialmente hacia dentro 334.

[00036] La superficie 316 incluye la porción cilíndrica 316 a y la porción troncocónica 316 b, mientras que la superficie 334 incluye la porción cilíndrica 334 a y la porción troncocónica 334
 25 b. Se puede proporcionar separación entre las porciones de superficie 316 a y 334 a, pero las porciones troncocónicas 316 b y 334 b interfieren de tal manera que producen una ubicación de contacto de sellado primario 340 que está separada axialmente del plano de hombro 336,

representada por el área de contacto de interferencia 342. La superficie 320 incluye la porción cilíndrica 320 *a* y la porción troncocónica 320 *b*, mientras que la superficie 330 incluye la porción cilíndrica 330 *a* y la porción troncocónica 330 *b*. Se puede proporcionar separación entre las porciones de superficie 320 *a* y 330 *a*, pero las porciones troncocónicas 320 *b* y 330 *b* interfieren de tal manera que producen una ubicación de contacto de sellado primario 343 que está separada axialmente del plano de hombro 338, representada por el área de contacto de interferencia 344. Para ser más eficaz, el ángulo cónico de cada porción troncocónica 316 *b*, 334 *b*, 320 *b*, 330 *b* con respecto al eje central 306 de la conexión (por ejemplo, representado en un caso en la Figura 4 por el ángulo $\ominus$ con respecto a la línea 321 que es paralela al eje central 306), así como el ángulo cónico de otras formas de realización que incorporan porciones de superficie troncocónica, puede ser de entre alrededor de 1° y alrededor de 7°. También se muestran secciones roscadas acopladas 360 y 362 en lados axiales opuestos del hombro central. Las ubicaciones axiales de los sellados y el espesor radial de los miembros tubulares pueden ser similares a los mencionados anteriormente con respecto a la forma de realización de la Figura 3.

[00037] Con referencia a la Figura 5, se muestra una forma de realización de una configuración de sellado de hombro central 500 con línea central axial 506 en la que un lado de la conexión carece de roscas acopladas. En esta disposición, el extremo de pasador en el miembro tubular 502 incluye una ranura anular 508 y un diente anular 510. Como en las formas de realización anteriores, la ranura anular 508 está definida por una superficie sesgada orientada radialmente hacia dentro (es decir, orientada hacia la línea central 506), una cara de hombro anular adyacente 514 y una superficie orientada radialmente hacia fuera adyacente 516. El diente anular 510 está definido por la superficie sesgada orientada radialmente hacia dentro, una cara de diente anular 518 y una superficie orientada radialmente hacia fuera 520. El extremo de caja en el miembro tubular 504 incluye una ranura anular 522 y un diente anular 524. La ranura anular 522 está definida por una superficie sesgada orientada radialmente hacia fuera, una cara de hombro anular adyacente 528 y una superficie orientada radialmente hacia

dentro adyacente 530. El diente anular 524 está definido por la superficie sesgada orientada radialmente hacia fuera, una cara de diente anular 532 y una superficie orientada radialmente hacia dentro 534.

[00038] En la forma de realización ilustrada, la superficie 516 y la superficie 534 están

5 configuradas de modo que la ubicación del contacto de sellado primario 540 esté más separada de la región axial 546 entre los planos de hombro 536 y 538 que la ubicación del contacto de sellado primario 543 entre las superficies 520 y 530. En esta disposición, la ubicación del contacto de sellado primario 540 puede estar separada axialmente del plano de hombro 536 por entre alrededor de 25 milésimas de pulgada y alrededor de dos pulgadas (5.08 cm); la ubicación
10 del contacto de sellado primario 543 puede estar separada axialmente del plano de hombro 538 por entre alrededor de 25 milésimas de pulgada y alrededor de una pulgada (2.54 cm); la región axial 546 puede extenderse entre alrededor de 20 milésimas de pulgada y alrededor de 250 milésimas de pulgada; una separación radial entre la superficie orientada radialmente hacia fuera 516 y la superficie orientada radialmente hacia fuera 520 en el plano de hombro 536
15 puede ser de entre alrededor de 40 milésimas de pulgada y alrededor de 500 milésimas de pulgada; y una separación radial entre la superficie orientada radialmente hacia dentro 530 y la superficie orientada radialmente hacia dentro 534 en el plano de hombro 538 puede ser de entre alrededor de 40 milésimas de pulgada y alrededor de 500 milésimas de pulgada. En este caso, la ubicación del contacto de sellado primario 540 estará generalmente dentro de 1.75
20 pulgadas (4.45 cm) de la región axial 546.

[00039] Las superficies 516 y 534 incluyen respectivas porciones de superficie cilíndrica 516A y 534A con separación proporcionada. A la porción de superficie 516A le sigue una porción de superficie curvilínea 516B, y a la porción de superficie 534A le sigue una porción de superficie troncocónica 534B, en donde la ubicación del contacto de sellado primario 540 está
25 entre las porciones 516B y 534B. La superficie 530 incluye una porción troncocónica 530A, seguida de otra porción troncocónica más empinada 530B, y la superficie 520 incluye una porción curvilínea 520A que se vuelve una porción cilíndrica 520B. La ubicación del contacto de

sellado primario está entre la porción de superficie 530A y la porción de superficie 520A. Se observa que otras variaciones de superficie son posibles como se analizó anteriormente. Las secciones roscadas acopladas 562 están ubicadas a un lado del hombro central, específicamente el lado que está más cerca del diámetro externo de la conexión, mientras que el lado opuesto de la conexión carece de roscas acopladas. En particular, en este lado opuesto de la conexión, se puede proporcionar un espacio 550 entre la cara de hombro de saliente de pasador y la cara de hombro de caja como se muestra para evitar que la sección de saliente de pasador ceda debido al par de torsión, la compresión y la expansión del material a altas temperaturas. Sin embargo, las caras pueden entrar en contacto, tal como en la conformación, durante la compresión o durante la expansión del material. También se muestra un hueco de alivio de grasa 560 en la superficie 530 del miembro de caja 504 que recolectará el exceso de grasa para roscas a medida que se conforma la conexión.

[00040] La configuración de la Figura 5 puede ser útil en relación con tubulares usados en los mercados geotérmicos, tal como el mercado de drenaje por gravedad asistido por vapor. Aunque la forma de realización de la Figura 5 carece de sección roscada acoplada alguna en un lado de la conexión, se reconoce que son posibles variaciones, incluso implementaciones en las también se proporciona una sección roscada acoplada en el lado de la conexión que incluye la ubicación del contacto de sellado primario 540 que está más separada de la región de hombro axial 546.

[00041] Las formas de realización de las presentes técnicas incluyen un sellado central de una conexión tubular que tiene superficies curvilíneas en contacto. Si bien las técnicas anteriores han implicado una configuración de diente y ranura para producir el sellado de hombro central, las presentes técnicas no implican necesariamente un sellado de diente y ranura central. Un sistema de sellado curvilíneo central produce un sellado anular en una conexión tubular entre dos superficies curvilíneas centradas aproximadamente entre dos conjuntos de roscas. Un sistema tal puede dar como resultado una conexión de sellado más robusta en comparación con técnicas anteriores. Por ejemplo, puede ser más difícil producir un

sellado entre el diente y la ranura de una conexión tubular debido a las formas precisas del diente y la ranura. Además, las técnicas de sellado anteriores pueden ser susceptibles al par de torsión o fuerzas del fondo del pozo u operativas, que pueden dañar una conexión de diente y ranura.

5 **[00042]** El sellado anular formado en el sistema de sellado curvilíneo central puede ser relativamente más flexible. Por ejemplo, fuerzas inesperadas pueden hacer que un sellado anular de un sellado curvilíneo central se desplace o ajuste, en lugar de ceder o romperse. Como ambas superficies de sellado en contacto tienen geometrías curvas, las curvas o giros pueden provocar desplazamientos en la región de interferencia entre las superficies curvilíneas en contacto de dos miembros tubulares conectados. Debido a que las geometrías de dos superficies curvilíneas forman un sistema de sellado curvilíneo, el sistema de sellado curvilíneo puede mantener un sellado anular entre dos miembros tubulares conectados incluso si una longitud de múltiples conexiones están sujetas a curvas, giros, par de torsión y/o torsión, ya que un eje del sellado anular puede cambiar sin formar discontinuidades en el sellado curvilíneo anular.

10

15

[00043] La Figura 6 es una ilustración esquemática de un sistema de sellado curvilíneo 600 que tiene una geometría de superficie curvilínea, donde cada uno de un pasador 602 de un componente tubular y una caja 612 de otro componente tubular tiene una geometría de superficie curvilínea configurada para formar un sellado curvilíneo. El pasador 602 tiene un primer conjunto de roscas 606, un segundo conjunto de roscas 608, y una superficie de sellado central 604 está dispuesta axialmente entre el primer 606 y segundo 608 conjuntos de roscas. De manera similar, la caja 612 tiene un primer conjunto de roscas 616, un segundo conjunto de roscas 618 y una superficie de sellado central 614 dispuesta axialmente entre el primer 616 y segundo 618 conjuntos de roscas. El primer y segundo conjuntos de roscas del sistema de sellado curvilíneo 600 pueden incluir roscas en cuña, roscas cuadradas, roscas de paso variable, una combinación de roscas, o cualquier otra geometría de rosca o combinación de geometrías de rosca adecuada para usar con el sellado central curvilíneo de las presentes

20

25

técnicas. Por ejemplo, una rosca cuadrada puede incluir roscas que tienen una geometría de rosca cuadrada o casi cuadrada con estrechamiento y sustancialmente sin ángulo de flanco. Una rosca en cuña puede incluir roscas que tienen una forma de "cola de milano" donde la geometría de rosca aumenta en ancho de rosca en la dimensión radial entre un miembro de pasador y un miembro de caja. En algunas formas de realización, una cavidad de alivio 610, 620 está dispuesta axialmente de manera adyacente a la superficie de sellado central en el pasador 602 de un componente tubular y/o la caja 612 del otro componente tubular.

[00044] Se proporciona un conjunto de diagramas en sección transversal parcial de una o más formas de realización de un sistema de sellado curvilíneo en las Figuras 7A-C, donde la Figura 7A es un diagrama en sección transversal simplificado de un componente tubular 702 que tiene una superficie de sellado curvilínea 704 y una cavidad de alivio 710 dispuestas entre dos regiones de roscas 706 y 708. Las regiones de roscas 706 y 708 se han simplificado sin representar geometría de rosca alguna, ya que cualquier geometría de rosca puede ser compatible con las presentes técnicas. La Figura 7B es un diagrama ampliado de la superficie de sellado curvilínea 704 y la cavidad de alivio 710 representadas en la Figura 7A. Las formas de realización de la superficie de sellado curvilínea 704 incluyen superficies curvilíneas que pueden ser un arco, curva o porción de una geometría elíptica, circular, esférica o de otro modo curvilínea. La superficie de sellado curvilínea 704 puede tener una curva elíptica, una curva circular o esférica, una curva que tiene un radio variable o una combinación de curvas diferentes. Por ejemplo, en una forma de realización, una superficie curvilínea 704 puede tener una curva elíptica en combinación con una curva circular. La superficie de sellado curvilínea 704 puede ser convexa con respecto a una línea de paso lineal 712, representada como una línea punteada en la Figura 7B, del componente tubular 702 entre las dos regiones de roscas 706 y 708. En algunas formas de realización, el radio de curva eficaz para una superficie de sellado curvilínea es de entre 0.5 pulgadas (1.27 cm) y 50 pulgadas (127 cm).

[00045] La Figura 7C es un diagrama en sección transversal simplificado de una vista ampliada (como en la Figura 7B) de una conexión, donde cada uno de los componentes

tubulares opuestos 702 y 714 tiene superficies de sellado centrales curvilíneas 704 y 716 que interfieren entre sí, lo que forma una región de interferencia 720, y que también pueden denominarse sellado central curvilíneo 720. En algunas formas de realización, cuando los dos componentes tubulares 702 y 714 están conectados, las superficies de sellado curvilíneas 704 y 716 se acoplan, y el área de contacto de las superficies de sellado curvilíneas 704 y 716 del sellado central puede denominarse como una interferencia 720 de las dos superficies. La interferencia puede ser una región donde dos superficies están diseñadas para superponerse o intersecarse, de modo que, cuando dos superficies en interferencia se acoplan, forman un área de contacto en interferencia. Cuando esta área de contacto en interferencia se extiende sobre una dimensión anular entre dos componentes tubulares, el área de contacto en interferencia puede formar un sellado entre los dos componentes tubulares. En algunas formas de realización, la fuerza de contacto en la región de interferencia 720 puede incluir una fuerza de compresión entre las superficies de sellado 704 y 716. La fuerza de contacto en la región de interferencia 720 también puede describirse como una fuerza radial que se extiende a lo largo de una dimensión anular entre los componentes tubulares 702 y 714 para formar el sellado anular.

[00046] En algunas formas de realización, la primera y segunda superficies curvilíneas pueden tener geometrías de curvas idénticas o diferentes. En algunas formas de realización, la primera y segunda superficies curvilíneas tienen radios de curva aproximadamente simétricos cuando el primer y segundo miembros tubulares están en una configuración conectada. Sin embargo, en algunas formas de realización, la primera y segunda superficies curvilíneas pueden estar desplazadas, o pueden tener curvas diferentes y/o no simétricas cuando el primer y segundo miembros tubulares están conectados.

[00047] En una forma de realización, la superficie de sellado curvilínea en el primer y segundo miembros tubulares puede estar aproximadamente en el punto central entre el primer y segundo conjuntos de roscas. Además, en algunas formas de realización, la interferencia puede estar aproximadamente en el centro de la primera y segunda superficies de sellado curvilíneas.

Por ejemplo, la interferencia entre las dos superficies de sellado curvilíneas puede estar dentro de 1 pulgada (2.54 cm) en cada lado desde el punto central entre los dos conjuntos de roscas. En diferentes formas de realización, la superficie de sellado curvilínea puede estar ubicada y configurada de modo que la superficie de sellado curvilínea y/o el punto de interferencia puedan estar en cualquier punto a lo largo del conector, entre el primer y segundo conjuntos de roscas. Por ejemplo, en una forma de realización, el punto de interferencia puede estar más cerca de un conjunto de roscas que del otro. Las formas de realización que tienen diferentes ubicaciones de interferencia pueden ser más adecuadas para diferentes entornos que tengan diferentes factores y requisitos (por ejemplo, requisitos de par de torsión).

10 **[00048]** Como se representa en la Figura 7C, cada uno de un miembro de pasador y caja puede tener una cavidad de alivio 710, 718 respectivamente, dispuesta axialmente desde la primera y segunda superficies de sellado curvilíneas 704, 716. La cavidad de alivio 710, 718 puede dimensionarse y ubicarse a fin de contener lubricante para roscas (también denominado grasa) que se desplaza cuando un miembro de pasador y caja se unen en una configuración

15 conectada. La contención del lubricante para roscas puede reducir la presión del lubricante, que de otro modo podría quedar atrapado en otras separaciones o huecos de la conexión. En algunas formas de realización, una cavidad de alivio puede estar dispuesta a una distancia de aproximadamente 0.025 pulgadas (0.06 cm) a 0.500 pulgadas (1.27 cm) de una superficie de sellado curvilínea. Además, aunque dos cavidades de alivio estén dispuestas de manera

20 opuesta, axialmente adyacente al sellado central, las formas de realización de la presente divulgación incluyen diferentes configuraciones y ubicaciones de las cavidades de alivio. Por ejemplo, en algunas formas de realización, una cavidad de alivio del pasador puede alinearse con una cavidad de alivio de la caja una vez que el primer y segundo miembros tubulares se hayan conectado. En otras formas de realización, solo se puede usar una cavidad de alivio (por

25 ejemplo, solo una en un miembro de caja o solo una en un miembro de pasador) o no se puede usar cavidad de alivio alguna.

[00049] La Figura 8 es una representación en sección transversal parcial y de tres

cuartos de miembros tubulares conectados 802, 804 que tienen superficies curvilíneas en contacto en un sellado central 806. En algunas formas de realización, una superficie de sellado curvilínea puede estar centrada aproximadamente entre los dos conjuntos de roscas 808, 810 de un extremo de pasador 802 y entre los dos conjuntos de roscas 812, 814 de un extremo de
5 caja 804. Además, en algunas formas de realización, la interferencia de las superficies de sellado curvilíneas en contacto entre el extremo de pasador y el extremo de caja forma un sellado anular en la conexión tubular que puede estar centrado aproximadamente entre las roscas externas acopladas del pasador y la caja. En algunas formas de realización, el sistema de sellado curvilíneo puede configurarse de modo que fuerzas inesperadas puedan hacer que
10 el sellado anular se desplace o ajuste, a fin de que el eje del sellado anular no esté siempre fijo en su lugar. Un sistema de sellado curvilíneo adecuado para el desplazamiento o ajuste puede ser más fácil de operar y más robusto que las técnicas anteriores, ya que el sellado central puede mantenerse en diversas condiciones.

[00050] Muchas modificaciones y otras implementaciones establecidas en la presente
15 serán evidentes al tener el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Por lo tanto, debe entenderse que los sistemas y métodos descritos en la presente no han de limitarse a las implementaciones específicas descritas y que se pretende que las modificaciones y otras implementaciones estén incluidas dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Aunque en la presente se emplean términos específicos, se
20 usan en un sentido genérico y descriptivo y no con fines de limitación.